

PHILIPS TECHNISCH TIJDSCHRIFT

JAARGANG 27, 1965/66, no. 7

Overbrengingssystemen voor kleurentelevisie

F. W. de Vrijer

621.397.132

Weinigen zullen twijfelen aan het economische en technische nut van normalisatie: welke inspanning wordt er thans niet aan besteed om achteraf orde en eenheid te scheppen in een diversiteit van afmetingen, parameterwaarden, definities, symbolen enz. die op vele gebieden van de techniek in een vrije ontwikkeling gegroeid is! Bij nieuwe ontwikkelingen die zich pas gaan aftekenen, is internationale normalisatie vooraf feitelijk een onontkoombare eis, vooral als er reusachtige investeringen mee gemoeid zijn, zoals nu bij de op handen zijnde invoering van de kleurentelevisie in Europa. Het is te hopen dat bij de binnenkort te verwachten beslissing in de strijd tussen de verschillende voorgestelde systemen het streven naar eenheid zal zegevieren. De auteur tracht in dit artikel zo objectief en zo duidelijk mogelijk uiteen te zetten om welke kwesties het in de discussie gaat.

Bij kleurentelevisie wordt voor de weergave gebruik gemaakt van additieve kleurmenging, uitgaande van drie grondkleuren. Om een zo groot mogelijk gamma van kleuren te kunnen weergeven, worden als grondkleuren rood, groen en blauw gebruikt^[1]. Met de huidige fosforen waarmee deze grondkleuren in de beeldbuis worden gerealiseerd, is in principe een goede weergave van bijna alle in de werkelijkheid voorkomende kleuren mogelijk (fig. 1).

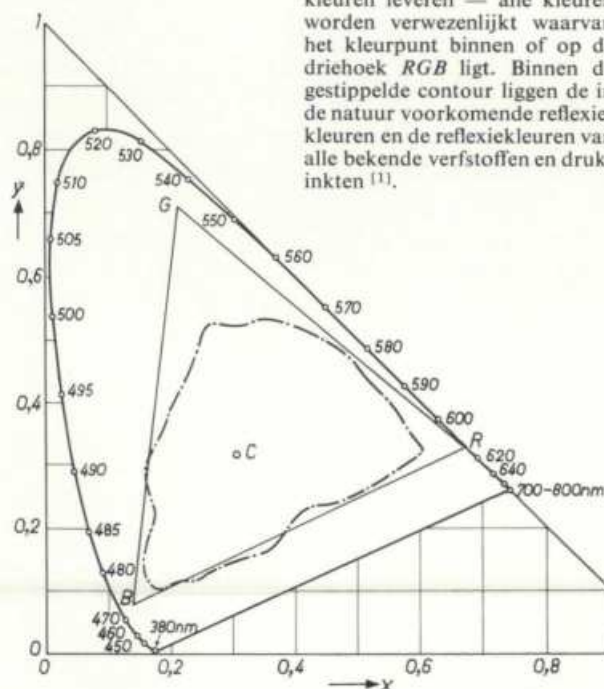
Gebruiken we als beeldbuis b.v. een schaduwmaskerbuis^[2], dan moeten voor het verkrijgen van een kleurenbeeld de drie elektronenkanonnen van deze buis met de geschikte videosignalen gestuurd worden: op het „rode” kanon moet het „rode” televisiesignaal komen, en analoog voor groen en blauw. Deze drie televisiesignalen, die resp. de rode, groene en blauwe beeldinhoud vertegenwoordigen, en die in de studio b.v. door een kleurentelevisiecamera met drie opneembuizen worden geleverd, hebben we bij de ontvanger tegelijkertijd nodig (simultaansysteem). Het overbrengen van de drie signalen van de zend- naar de ontvangkant is op verschillende manieren mogelijk, elke mogelijkheid leidt tot een ander kleurentelevisie-overbrengingssysteem. In de V.S. en in Japan heeft men reeds een bepaald systeem ingevoerd, het NTSC-systeem. In vele andere landen staat men vlak voor de beslissing over het in te voeren overbrengingssysteem. Er is hierover ook druk internationaal overleg — en onenigheid.

De belangrijkste ter discussie staande systemen zijn:

Dr. F. W. de Vrijer is medewerker van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

Fig. 1. Kleurendriehoek, met de kromme der spectraal zuivere kleuren (golflengten in nanometers) en het kleurpunt van zg. standaardwit C (kleurcoördinaten $x = 0,310$, $y = 0,316$). R, G en B zijn de voor kleurentelevisie gekozen grondkleuren. Door de additieve menging in de beeldbuis kunnen — als de

drie gebruikte fosforen deze kleuren leveren — alle kleuren worden verwezenlijkt waarvan het kleurpunt binnen of op de driehoek RGB ligt. Binnen de gestippelde contour liggen de in de natuur voorkomende reflexiekleuren en de reflexiekleuren van alle bekende verfstoffen en drukinkten^[1].



[1] F. W. de Vrijer, Grondslagen van de kleurentelevisie, Philips techn. T. 19, 80-91, 1957.

[2] H. B. Law, A three-gun shadow-mask color kinescope, Proc. I.R.E. 39, 1186-1194, 1951. Zie ook: R. R. Bathelt en G. A. W. Vermeulen, Een experimenteel fluorescentiescherm in directzichtbuis voor kleurentelevisie, Philips techn. T. 23, 133-142, 1961.

NTSC, PAL en SECAM. Alvorens de verschillen tussen deze systemen te bespreken, zullen we een aantal punten behandelen waarin deze systemen met elkaar overeenkomen. Een uitvoeriger bespreking van deze gemeenschappelijke grondslagen vindt men in het aangehaalde artikel [1].

Algemene opzet van NTSC, PAL en SECAM

De „rode”, „groene” en „blauwe” signalen R , G en B van de camera (of een andere signaalbron) ondergaan eerst een niet-lineaire bewerking, γ -correctie genaamd, om de niet-lineaire karakteristiek van de gemiddelde beeldbuis te compenseren. Bij de gebruikelijke beeldbuizen is de karakteristiek, d.i. het verband tussen de lichtstroom Φ en de stuurspanning V (gemeten vanaf het afknijppunt), bij benadering een machtsfunctie:

$$\Phi \sim V^\gamma,$$

waarvan de exponent γ ongeveer 2,5 is. Als de opneembuizen signalen leveren die evenredig zijn met de verlichtingssterkte op de fotogevoelige laag (zoals b.v. bij de „Plumbicon” opneembuizen het geval is), dan moeten uitgangsspanning V_0 en ingangsspanning V_1 van de γ -correctors als volgt samenhangen:

$$V_0 \sim V_1^{1/\gamma}.$$

Door de γ -correctie zorgt men er dus voor dat straks bij de weergave in elk beeldpunt de rode, groene en blauwe intensiteit evenredig is met de rode, groene en blauwe intensiteit aan de opneemkant in het corresponderende punt. Dit is voor een goede kleurweergave zeer belangrijk.

De γ -gecorrigeerde signalen R' , G' en B' worden vervolgens in een zg. matrix lineair gecombineerd tot drie andere signalen (zie fig. 2). Eén daarvan, het zg. helderheids- of luminantiesignaal

$$Y' = 0,30 R' + 0,59 G' + 0,11 B', \dots \quad (1)$$

wordt op de bij zwart-witte televisie gebruikelijke manier

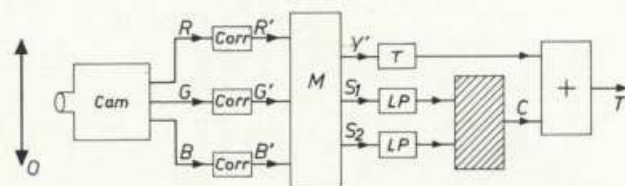


Fig. 2. Blokschema van een compatibel overbrengingssysteem voor kleurentelevisie. O scène. Cam camera. $Corr$ γ -correctors. LP laag doorlatende filters. T zender. Van de γ -gecorrigeerde kleursignalen R' , G' , B' worden door de zg. matrix M de lineaire combinaties Y' (het luminantiesignaal) en S_1 en S_2 (kleurverschilsignalen) gemaakt. NTSC, PAL en SECAM zijn tot zover identiek, verschillen echter in de wijze waarop de hulpdraaggolf door de kleurinformatiesignalen S_1 , S_2 gemoduleerd wordt (in het gearceerde blok) om het chrominantiesignaal C te leveren. Het luminantiesignaal Y' laat men een vertragsnetwerk τ doorlopen om zijn looptijd gelijk te maken aan die van S_1 en S_2 .

op de beelddraaggolf gemoduleerd. Dit heeft tot gevolg dat een normale zwart-witontvanger de kleurenuitzending als zwart-witbeeld kan weergeven; men spreekt van compatibiliteit. Ten behoeve van de kleurenontvangers worden nog de beide andere lineaire combinaties van R' , G' en B' , de kleurinformatiesignalen S_1 en S_2 uitgezonden, en wel gemoduleerd op een „hulpdraaggolf”, die ligt binnen de frequentieband die door het luminantiesignaal Y' wordt ingenomen (videoband, fig. 3). Als kleurinformatiesignalen worden meestal gekozen de combinaties:

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \alpha(R' - Y') \\ S_2 &= \beta(B' - Y') \end{aligned} \right\}, \dots \dots \dots (2a)$$

ook te schrijven als:

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \alpha(0,70 R' - 0,59 G' - 0,11 B') \\ S_2 &= \beta(-0,30 R' - 0,59 G' + 0,89 B') \end{aligned} \right\}. \quad (2b)$$

Dit zijn zg. kleurverschilsignalen: de som van de coëfficiënten van R' , G' en B' is nul, dus voor kleurloze

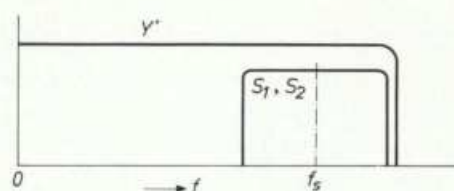


Fig. 3. Frequentiespectrum van het volledige videosignaal van kleurentelevisie volgens een systeem als aangegeven in fig. 2; f_s is de hulpdraaggolfrequentie.

delen van het beeld (wit en grijs), waarvoor $R' = G' = B'$, zijn de beide signalen nul. (Op de keuze van de constanten α en β komen we hieronder terug.) Alvorens deze signalen op de hulpdraaggolf te moduleren, beperkt men ze in bandbreedte tot b.v. ongeveer 1 MHz. Zoals in het aangehaalde artikel [1] is uiteengezet, leidt dit in het weergegeven beeld tot een onscherpte in kleurovergangen, die bij normale beelden geheel toelaatbaar is, zolang de bijbehorende helderheidsovergang maar scherp blijft.

Er is reeds internationaal overeengekomen dat de landen die zwart-witte televisie met 625 lijnen hebben (ook Engeland en Frankrijk) een hulpdraaggolfrequentie van ongeveer 4,43 MHz zullen nemen.

De gemoduleerde hulpdraaggolf is eigenlijk een „storing” in het luminantiesignaal. Er moeten bepaalde maatregelen genomen worden om het effect van deze storing van het beeld, vooral ook ten behoeve van de zwart-witontvangers, binnen toelaatbare grenzen te houden. Hierover zo dadelijk meer bij nadere bespreking van de verschillende systemen. Omgekeerd vormt ook het overspreken van de in het desbetreffende deel van de videoband aanwezige componenten van het lu-

minantiesignaal op de kleurinformatiesignalen („cross-colour”) een probleem.

De nu te bespreken verschillen tussen de in discussie zijnde overbrengingssystemen betreffen de wijze waarop op de twee kleurinformatiesignalen op de hulpdraaggolf worden gemoduleerd.

Modulatie van de hulpdraaggolf met de kleurinformatie volgens de drie systemen

Het NTSC-systeem^[3]

Bij het NTSC-systeem (genoemd naar het National Television System Committee) is het totale op de beelddraaggolf gemoduleerde videosignaal van de vorm:

$$Y' + 0,88(R' - Y') \cos \omega_s t + 0,49(B' - Y') \sin \omega_s t. \quad (3)$$

Hierin is $\omega_s/2\pi = f_s$ de hulpdraaggolfrequentie. De kleurinformatiesignalen zijn dus als amplitudemodulatie op de hulpdraaggolf gemoduleerd, en wel orthogonaal, d.w.z. de ene op de cosinus- en de andere op de sinusfaze. Het resultaat hiervan is een amplitudemodulatie en fazemodulatie van de hulpdraaggolf (fig. 4). De

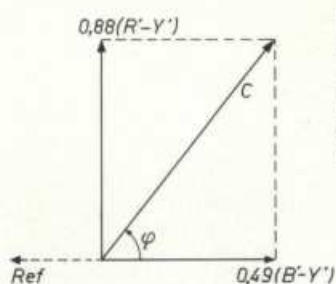


Fig. 4. Vectordiagram van het chrominantiesignaal bij het NTSC-systeem. De fasehoek φ is bepaald door de kleurtoon, de amplitude C (relatief ten opzichte van Y') door de verzadiging.

gemoduleerde hulpdraaggolf, d.i. de som van de beide laatste termen in de uitdrukking (3), noemt men ook het chrominantiesignaal. Dit kunnen we schrijven als

$$C \sin(\omega_s t + \varphi), \quad \dots \dots \dots (3a)$$

waarbij

$$C = \sqrt{[0,88(R' - Y')]^2 + [0,49(B' - Y')]^2} \quad (3b)$$

en

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{0,88(R' - Y')}{0,49(B' - Y')} \quad \dots \dots \dots (3c)$$

Aangezien $R' - Y'$ en $B' - Y'$ onafhankelijk van elkaar kunnen veranderen en zowel positief als negatief kunnen zijn, kunnen alle mogelijke fasehoeken φ voorkomen. De fasehoek φ is in eerste benadering bepaald door de kleurtoon („hue”, dominerende golflengte), de amplitude C (relatief ten opzichte van Y') door de verzadiging.

Om aan de ontvangkant S_1 en S_2 weer van elkaar te scheiden, moet men gebruik maken van zg. synchrone detectie. Hierbij wordt met behulp van een geschikte schakeling het chrominantiesignaal

$$S_1 \cos \omega_s t + S_2 \sin \omega_s t$$

in één kanaal vermenigvuldigd met $2\cos \omega_s t$, in een ander kanaal met $2\sin \omega_s t$. In het eerste kanaal krijgt men:

$$\begin{aligned} 2S_1 \cos^2 \omega_s t + 2S_2 \sin \omega_s t \cos \omega_s t &= \\ &= S_1 + S_1 \cos 2\omega_s t + S_2 \sin 2\omega_s t. \end{aligned}$$

Mits de hulpdraaggolfrequentie f_s hoog genoeg is, nl. groter dan de voor S_1 gebruikte bandbreedte, blijft hiervan na het doorlopen van een geschikt laag doorlatend filter alleen het signaal S_1 over. Op analoge wijze verkrijgt men uit het andere kanaal het signaal S_2 . Uit Y' , S_1 en S_2 kan men door lineair combineren weer R' , G' en B' terugverkrijgen.

Voor de synchrone detectie heeft men in de ontvanger de hulpsignalen $\cos \omega_s t$ en $\sin \omega_s t$ in de juiste faze nodig. Deze verkrijgt men doordat in het uitgezonden signaal na elke lijnsynchronisatie-impuls een golfreintje („burst”) is gebracht, bestaande uit ca. 10 trillingen van de hulpdraaggolfrequentie in een bepaalde afgesproken faze (referentiefaze). Men heeft hiervoor de fasehoek $\varphi = 180^\circ$ gekozen (zie fig. 4). In de ontvanger kan men met deze golfreintjes een oscillator synchroniseren, om zo het ene hulpsignaal en, na 90° fazeverschuiving, ook het andere hulpsignaal te verkrijgen. In fig. 4 is de fazeligging van het referentie-golfreintje gestippeld aangegeven, terwijl in fig. 5 het

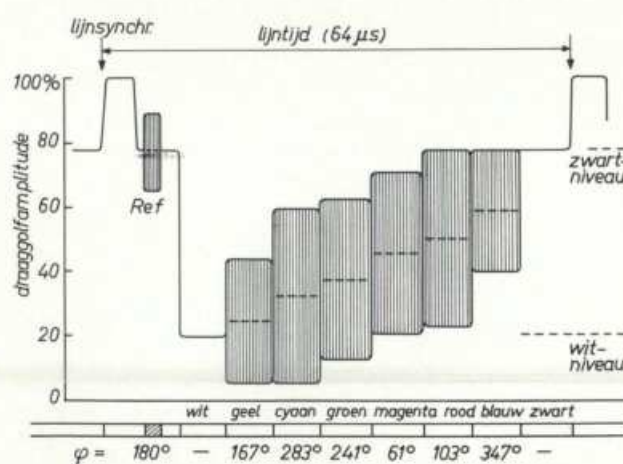


Fig. 5. Volledig verloop van het NTSC-videosignaal op één beeldlijn, voor het geval dat het beeld een balkenpatroon met de aangegeven kleuren (niet met maximale verzadiging) bevat. Bij het strookje onderaan is vermeld welke waarden de fasehoek φ van de gemoduleerde hulpdraaggolf in de opeenvolgende kleur-balken heeft. Men ziet ook het referentie-golfreintje (Ref) van de hulpdraaggolf, dat na het lijnsynchronisatiesignaal gegeven wordt.

N.B. Dit is *niet* het normale kleurbalkensignaal dat vaak voor meetdoeleinden wordt gebruikt.

[3] Color television standards — selected papers and records of the National Television System Committee (red. D. G. Fink), McGraw-Hill, New York 1955.

volledige verloop van het videosignaal op één beeldlijn is weergegeven voor het geval dat het beeld een balkenpatroon met een reeks verschillende kleuren bevat.

In fig. 6 en 7 zijn de blokschema's van de codeerder en de decodeerder weergegeven, waarin de beschreven operaties van resp. modulatie en detectie van het chrominantiesignaal worden verwezenlijkt.

Om de zichtbaarheid van de hulpdraaggolf in het zwart-witbeeld op een zwart-witontvanger zoveel mogelijk te beperken, wordt in het NTSC-systeem de

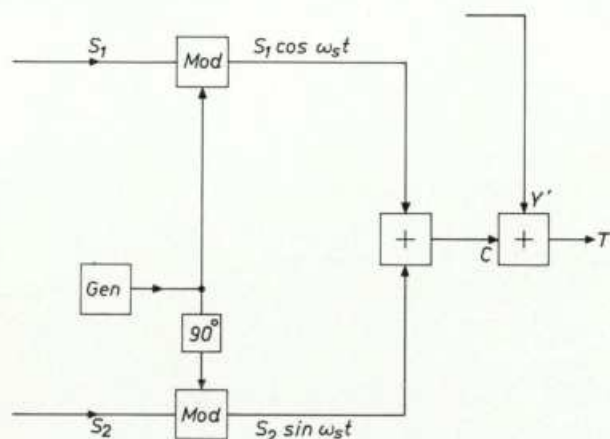


Fig. 6. Blokschema van codeerder voor NTSC. *Gen* hulpdraaggolfgenerator. *Mod* modulatoren. De kleurverschilsignalen S_1 en S_2 worden „orthogonaal” op de hulpdraaggolf met frequentie f_s gemoduleerd. Door optellen krijgt men het chrominantiesignaal C , dat bij het luminantiesignaal Y' wordt gevoegd voor modulatie op de beelddraaggolf.

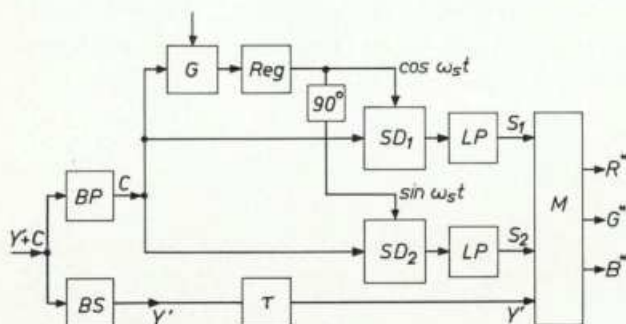


Fig. 7. Blokschema van decodeerder voor NTSC. Door een band-doorlaatfilter *BP* en een bandonderdrukkingsfilter *BS* worden chrominantiesignaal C en luminantiesignaal Y' gescheiden. Het eerste wordt gedetecteerd in twee 90° in fase verschillende synchrone detectors SD_1 en SD_2 . De hiervoor nodige hulpdraaggolf wordt in de juiste fase verkregen (geregenereerd) doordat de oscillator *Reg* wordt gesynchroniseerd met het in het signaal C aanwezige referentie-golftreintje, dat door de poortschakeling *G*, bestuurd door de lijnsynchronisatie-impulsen, telkens tot de regenerator wordt toegelaten. Na de synchrone detectie en onderdrukken van de hoge frequenties (filters *LP*) heeft men S_1 en S_2 terugverkregen. Deze signalen worden te zamen met het luminantiesignaal Y' (dat men weer een vertragsnetwerk τ heeft laten doorlopen om zijn looptijd gelijk te maken aan die van S_1 en S_2) toegevoerd aan de matrix *M*, die hiervan door lineaire combinatie het rode, groene en blauwe signaal voor de besturing van de beeldbuis maakt.

De sterretjes bij R , G , B duiden aan dat deze signalen alleen wat betreft de lage frequenties gelijk zijn aan R' , G' , B' van fig. 2. De hoge frequenties komen voor alle drie de kleursignalen uit het Y' -signaal (principe van de „mixed-highs”, zie het aangehaalde artikel ^[1]).

hulpdraaggolf gekoppeld met de lijnfrequentie f_L volgens een relatie:

$$f_s = (n + \frac{1}{2})f_L, \quad \dots \quad (4)$$

waarin n een geheel getal is. Door deze keuze liggen de maxima en minima die het hulpdraaggolfsignaal veroorzaakt in opeenvolgende lijnen 180° ten opzichte van elkaar verschoven, mits de kleur in deze lijnen ongeveer dezelfde is. Voor de meeste lijnen is hieraan voldaan. Daar het totale aantal lijnen van een volledig beeld oneven is, is bovendien ook bij de opeenvolgende aftastingen van dezelfde lijn, dus telkens één beeldtijd later, de fase van de hulpdraaggolf 180° verschoven (mits het beeld in deze tijd niet te veel veranderd is). Dus op ieder punt waar bij de ene aftasting een maximum ontstaat, treedt bij de volgende aftasting juist een minimum op, en omgekeerd (fig. 8). Dank zij de

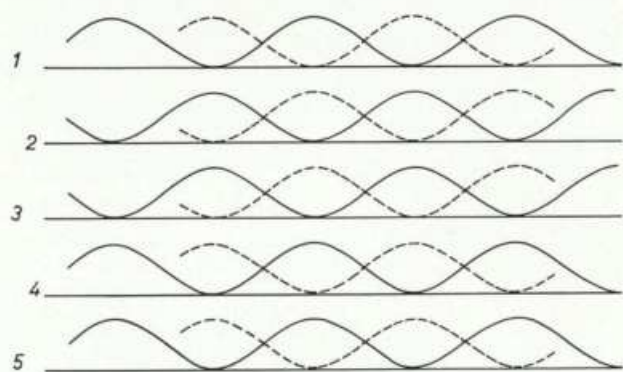


Fig. 8. Overspreken van de hulpdraaggolf (met frequentie f_s) op het luminantiesignaal bij NTSC, indien $f_s = (n + \frac{1}{2})$ maal de lijnfrequentie. De helderheidsmaxima die de hulpdraaggolf veroorzaakt op een lijn (b.v. lijn 3), liggen recht onder de minima van de direct daarvoor geschreven lijn (in casu lijn 1). Het hiermee gepaard gaande uitmiddelen van de storing in verticale richting wordt nog verbeterd doordat bij de volgende beeld-aftasting (gestippeld) elk maximum door een minimum wordt vervangen.

traagheid van het oog is het gemiddelde zichtbare effect van de aanwezigheid van het hulpdraaggolfsignaal zeer gering. Men kan een vrij grote amplitude toelaten zonder dat dit hinderlijk wordt. Aan deze omstandigheid is de zeer goede compatibiliteit van het NTSC-systeem te danken. De gekozen frequentierelatie leidt ook tot een geringe zichtbaarheid van overspreekeffecten tussen helderheids- en kleursignalen in het kleurenbeeld.

Bij de meeste experimenten met het NTSC-systeem met 625 lijnen, ook bij de proefuitzendingen die sinds 1955 vanuit het Philipslaboratorium te Eindhoven plaatsvinden ^[4], is $n = 283$ gekozen. De hulpdraaggolfrequentie is dan $4\,429\,688 \text{ Hz} \pm 10 \text{ Hz}$. De tolerantie is zo klein gesteld in verband met de eisen die in de ontvanger gesteld worden aan de hulpdraaggolfregenerator (kleine zg. ruisbandbreedte).

Ook het reeds genoemde feit dat de kleurverschilsignalen S_1 en S_2 nul zijn voor wit en grijs en dien-

overeenkomstig slechts kleine waarden hebben voor onverzadigde kleuren, komt aan de compatibiliteit van het NTSC-systeem ten goede. Verreweg de meeste in de praktijk voorkomende kleuren zijn nl. weinig verzadigd. Uit statistische onderzoeken is gebleken dat bij normale beelden de gemiddelde amplitude van het chrominantiesignaal in het NTSC-systeem slechts 10% van de maximaal mogelijke amplitude is [5].

Deze onderzoeken zijn van invloed geweest op de keuze van de, in eerste instantie willekeurige, factoren α en β in de formules (2). Ter wille van de compatibiliteit zou men α en β klein willen kiezen (het chrominantiesignaal wordt hierdoor klein), doch dan is de kleurinformatie erg gevoelig voor storingen en voor overspreken van het luminantiesignaal. Dank zij de gunstige statistiek kon men voor α en β de vrij grote in (3) aangegeven waarden kiezen. De verhouding van α en β is daarbij zo gekozen dat de gevoeligheid voor storingen ongeveer dezelfde wordt voor alle kleuren in de kleurendriehoek [6].

Het PAL-systeem [7]

Bij het PAL-systeem (afgekort van Phase Alternation Line) is het totale videosignaal van de vorm:

$$Y' \pm 0,88(R' - Y') \cos \omega_{st} + 0,49(B' - Y') \sin \omega_{st}, \quad (5)$$

waarbij in opeenvolgende lijnen het teken van de term $0,88(R' - Y') \cos \omega_{st}$ verschillend is. Op de helft van het aantal lijnen is dit signaal dus gelijk aan het hierboven behandelde NTSC-signaal. Op de andere lijnen is het chrominantiesignaal gespiegeld ten opzichte van de $(B' - Y')$ -as (zie fig. 9).

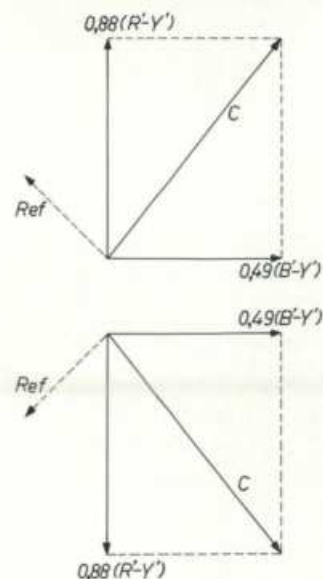


Fig. 9. Vectordiagram van het chrominantiesignaal bij PAL, op twee opeenvolgende lijnen. De faze van de component $0,88(R' - Y') \cos \omega_{st}$ wordt in opeenvolgende lijnen telkens 180° verschillend gekozen.

Zowel de codeerder als de decodeerder voor het PAL-signaal worden door het periodiek omschakelen gecompliceerder dan bij NTSC (zie blokschema's fig. 10 en 11). Bovendien moet, behalve een referentiefaze, in

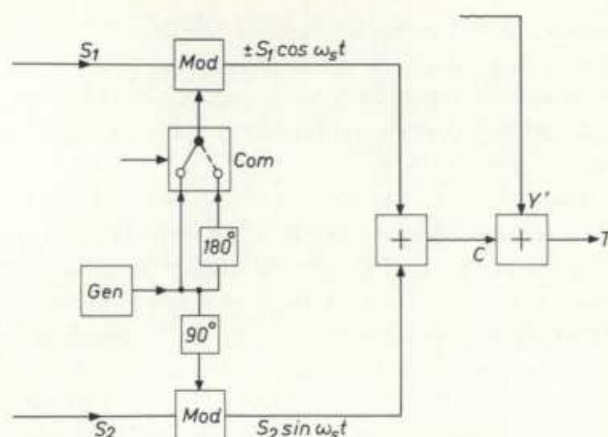


Fig. 10. Blokschema van codeerder voor PAL. Het verschil met fig. 6 (NTSC) is de toevoeging van het 180° in faze draaiende netwerk en de schakelaar *Com*, die na elke lijnaftasting omgezet wordt. Het kleurverschilsignaal S_1 wordt daardoor om de lijn afwisselend als $+S_1 \cos \omega_{st}$ en als $-S_1 \cos \omega_{st}$ op de beelddraaggolf gemoduleerd.

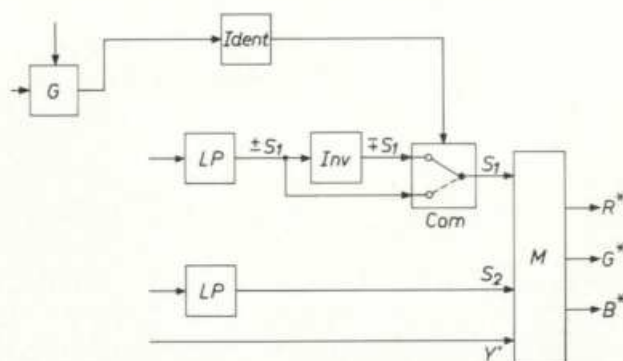


Fig. 11. Het blokschema van een decodeerder voor PAL is in hoofdzaak gelijk aan het in fig. 7 weergegeven schema van een NTSC-decodeerder. Er zijn alleen de hier getekende onderdelen toegevoegd in de toevoer van het (door de synchrone detectie verkregen) signaal S_1 aan de matrix *M*: *Inv* is een omkeertrap; de schakelaar *Com* wordt na elke lijnaftasting omgezet. Doordat dit omzetten bestuurd wordt door een identificatiesignaal, dat met een schakeling *Ident* uit de alternerende referentiegolftreintjes wordt afgeleid (aansluitend op de poortschakeling *G* in fig. 7), wordt aan de matrix op elke lijn het signaal $+S_1$ toegevoerd.

het uitgezonden signaal ook een indicatie worden gegeven waardoor de lijnen met plus en met min in formule (5) kunnen worden geïdentificeerd. In de meest recente PAL-voorstellen [8] wordt deze indicatie gecombineerd gegeven met het referentiegolftreintje (de burst). De faze hiervan is nl. niet, zoals bij NTSC,

- [4] J. Davidse, Versuche über die Anpassung des NTSC-Farbferrnsehensystems an die europäische 625-Zeilen-Norm, Nachrichtentechn. Z. 11, 461-466, 1958.
- [5] J. Davidse, NTSC colour-television signals, Electronic & Radio Engr. 36, 370-376 en 416-419, 1959.
- [6] F. W. de Vrijer, The choice of chrominance signals in the NTSC system with a view to the differential sensitivity of the human eye to colour, Acta electronica 2, 103-109, 1957/1958.
- [7] W. Bruch, Das PAL-Farbferrnsehensystem — Prinzipielle Grundlagen der Modulation und Demodulation, Nachrichtentechn. Z. 17, 109-121, 1964.
- [8] E.B.U. ad-hoc Group on Colour Television, Document Com. T(E) 197, Report of sub-group 1 (Hannover, juni 1965), en Document Com. T(E) 208, Report of sub-group 1 (Rome, dec. 1965).

steeds $\varphi = 180^\circ$ maar afwisselend 135° en 225° , en wel zo dat de component van dit signaal in de $(R' - Y')$ -richting steeds met een positieve waarde van $(R' - Y')$ correspondeert. Men spreekt hier ook van „alternating burst”, afgekort A.B.

De juiste keuze van de hulpdraaggolffrequentie is bij PAL een moeilijker probleem dan bij NTSC. De NTSC-frequentie is voor PAL niet bruikbaar. Voor kleuren waarvoor $B' - Y' = 0$, zouden voor alle lijnen in het beeld de maxima en minima van de hulpdraaggolfsignalen door het periodiek omkeren van $R' - Y'$ recht onder elkaar liggen en een zeer storende stilstaande verticale streepstructuur geven. Voor deze kleuren zou dus juist een geheel veelvoud van de lijnfrequentie een goede keus geweest zijn. Dit is echter weer slecht voor kleuren waarvoor $R' - Y' = 0$. Een betere keus is $f_s = (n \pm \frac{1}{4})f_L$, en in het 625-lijnsysteem wordt het resultaat nog beter als men $f_s = (n \pm \frac{1}{4})f_L \pm f_L/625$ kiest. De toegevoegde verschuiving van $f_L/625 = 25$ Hz van de hulpdraaggolffrequentie geeft een beter uitmiddelen van het storingspatroon in opeenvolgende rasters. De thans gedane keuze voor de PAL-hulpdraaggolf is:

$$f_s = 283\frac{3}{4}f_L + \frac{1}{625}f_L = 4\,433\,619 \text{ Hz } (\pm 10 \text{ Hz}). \quad (6)$$

Ondanks de genoemde maatregelen blijft het storingspatroon bij PAL toch hinderlijker dan bij NTSC. De voornaamste oorzaak hiervan is wel dat bij NTSC het patroon uitmiddelt in twee complete beelden, d.i. in 80 ms, bij PAL pas in vier complete beelden, d.i. in 160 ms. Met name de stroboscopische effecten, die optreden als het oog met bepaalde snelheden over het beeld meebeweegt, zijn derhalve bij PAL grover van structuur. De compatibiliteit van PAL is daardoor slechter dan die van NTSC.

Het SECAM-systeem [9]

Ook in het SECAM-systeem zendt men het luminantiesignaal Y' op normale wijze uit, te zamen met kleurinformatie gemoduleerd op een hulpdraaggolf. Echter worden de kleurverschilsignalen S_1 en S_2 niet tegelijkertijd (simultaan) maar om de beurt (sequential) uitgezonden: eerst een lijn $R' - Y'$, vervolgens een lijn $B' - Y'$, enz. Bovendien is de gebruikte modulatiemethode in de thans voorgestelde vorm van het SECAM-systeem (SECAM III) niet amplitude- maar frequentiemodulatie.

Bij ontvangst van een SECAM-signaal heeft men dus op elk moment de beschikking over het luminantiesignaal Y' en één van de twee kleurverschilsignalen $R' - Y'$ of $B' - Y'$. Om de signalen R' , G' en B' , die nodig zijn voor het sturen van de kleurenbeeldbuis,

te kunnen herwinnen, heeft men echter Y' , $R' - Y'$ en $B' - Y'$ tegelijkertijd nodig. Voor het ontbrekende kleurverschilsignaal gebruikt men nu in de SECAM-ontvanger telkens dit signaal van precies één lijntijd geleden. In de ontvanger is daarvoor een geheugen nodig dat het kleurinformatiesignaal één lijntijd ($64 \mu\text{s}$) onthoudt. Vandaar de naam: „Séquential couleur à mémoire”, afgekort SECAM. Als geheugen wordt een ultrasone vertragslijn gebruikt [10].

Bij de methode is ervan uitgegaan dat meestal voldoende correlatie tussen de beeldinhoud in opeenvolgende lijnen aanwezig zal zijn om de genoemde vervanging te kunnen toepassen. Op sommige plaatsen echter zullen uiteraard in elk beeld verticale kleurovergangen optreden. Daar wordt dan, voor de eerste lijn van de nieuwe kleur, het op die lijn uitgezonden kleurverschilsignaal gecombineerd met het andere kleurverschilsignaal van één lijn geleden — dat dus nog bij de oude kleur behoort. Het resultaat is een verkeerde kleur. Bovendien is op de desbetreffende lijn in opeenvolgende beelden afwisselend het $(R' - Y')$ - en het $(B' - Y')$ -signaal verkeerd. De ontstane fouten zijn daardoor in opeenvolgende beelden verschillend, wat tot een flikkerverschijnsel leidt met een frequentie van $12\frac{1}{2}$ Hz (halve beeldfrequentie). Dit effect, dat vooral bij overgangen tussen verzadigde kleuren hinderlijk zijn kan, is inherent aan het principe van SECAM.

Ook de compatibiliteit is bij SECAM een groot probleem. Doordat frequentiemodulatie wordt toegepast, is de faze van de hulpdraaggolf niet bepaald door het modulerende signaal op één moment. Immers, een modulerend signaal $S(t)$ geeft bij frequentiemodulatie op een draaggolf met frequentie $\omega_s/2\pi$:

$$A \cos \left\{ \omega_s t + \int_0^t S(u) du \right\}.$$

Het fazeverschil van de gemoduleerde hulpdraaggolf in onder elkaar gelegen punten van twee opeenvolgende lijnen (of in hetzelfde punt van opeenvolgende beelden) is dus afhankelijk van de beeldinhoud. Keuze van een bepaalde gunstige ω_s , zoals bij NTSC of PAL, is daardoor niet mogelijk. Wel kan men aan het begin van elke lijn de faze van de hulpdraaggolf kiezen zodanig dat althans daar, dus links in het beeld, een gunstige toestand ontstaat. Maar afhankelijk van de beeldinhoud kunnen er op andere plaatsen in het beeld ongunstige gebieden ontstaan waar, vooral bij ontvangst op een zwart-witontvanger, de hulpdraaggolf hinderlijk zichtbaar wordt. Dit gebeurt dan ook vaak. Bij bewegende beelden verplaatsen deze gebieden zich bovendien, waardoor het effect nog storender wordt.

De amplitude van de frequentiegemoduleerde hulpdraaggolf kan men natuurlijk klein kiezen om de compatibiliteit te verbeteren. Doch dit heeft tot gevolg dat

het kleurinformatiesignaal, vooral in zijn componenten met hoge frequenties, slechter wordt door overspreken van het luminantiesignaal, door ruis en door eventuele storingen. Het is niet mogelijk gebleken hier een goed compromis te vinden zonder het systeem ingewikkelder te maken. De maatregelen die men heeft genomen, zijn de volgende.

1) Pre-emphasis van de kleurverschilsignalen vóór modulatie, d.w.z. relatief versterken van de hoge frequenties (dit gebeurt door een eenvoudig RC-netwerk met tijdconstante $2,24 \mu\text{s}$). Om gedurende de inschakelverschijnselen bij een abrupte kleurovergang een te grote frequentie-uitwijking te vermijden (in verband met de beschikbare bandbreedte), snijdt men na de pre-emphasis het signaal aan boven- en benedenkant af, zodat $|\Delta f|$ nooit groter dan 500 kHz wordt.

2) Na de modulatie laat men het signaal een filter doorlopen met een doorlaatkarakteristiek als in fig. 12 („mise en forme”). Hierdoor wordt bij gemiddeld kleine amplitude van de hulpdraaggolf (onverzadigde kleuren) een betere bescherming tegen overspreken van het

getrokken, zij het niet in dezelfde mate als bij NTSC en PAL.

3) Indien het luminantiesignaal sterke componenten in de frequentieband van het chrominantiesignaal heeft, vergroot men tijdelijk de amplitude van de hulpdraaggolf (maximaal 6 dB). Dit vermindert het effect van overspreken van die componenten op de kleurverschilsignalen. De voorzieningen voor deze maatregel, evenals die voor de maatregelen (1) en (2), zijn aangegeven in het blokschema fig. 13.

De maatregelen (2) en (3) introduceren dus weer een zekere amplitudemodulatie van de hulpdraaggolf. Deze modulatie dient hier echter niet voor informatie-overbrenging, maar alleen om de systeemeigenschappen te verbeteren.

Ondanks deze maatregelen blijkt de compatibiliteit van het SECAM III-systeem slechter te zijn dan die van het PAL-systeem en a fortiori slechter dan die van het NTSC-systeem.

In de ontvanger moet het effect van de maatregelen (2) en (1) weer ongedaan gemaakt worden („remise en forme” en „de-emphasis”); zie het blokschema fig. 14. Voor het afsnijden bij $\Delta f > 500 \text{ kHz}$ is dit echter niet goed mogelijk. Dit heeft een nadelig effect op de kwaliteit van de horizontale kleurovergangen.

De invloed van differentiële fazefouten

Wat zijn nu de technische redenen die ertoe geleid hebben dat een aantal deskundigen het PAL-systeem of het SECAM-systeem prefereren boven het reeds langer bestaande, veel verder ontwikkelde en in de praktijk goed bruikbaar gebleken NTSC-systeem? Dit is vooral de angst die er bij sommigen bestaat voor de fazemodulatie van de NTSC-hulpdraaggolf. Zoals gezegd, bepaalt de fase van de hulpdraaggolf in het NTSC-systeem de kleurtoon. Wat kan hiermee misgaan? Een fazedraaiing van het NTSC-hulpdraaggolfsignaal als geheel kan geen kwaad, want het is niet de absolute fase maar het fazeverschil met het referentiesignaal (burst), dat ook in het signaal aanwezig is, waardoor de kleurtoon wordt bepaald. Alleen als de fazedraaiing verschillend is voor referentie- en chrominantiesignaal, gaan er kleurtoonfouten optreden. Een dergelijke vervorming van het signaal kan voorkomen in bepaalde onvolmaakte apparatuur, doordat het chrominantiesignaal gesuperponeerd is op het luminantiesignaal, terwijl het referentiesignaal altijd op zwartniveau is (zie fig. 5). Is er nu een fazedraaiing

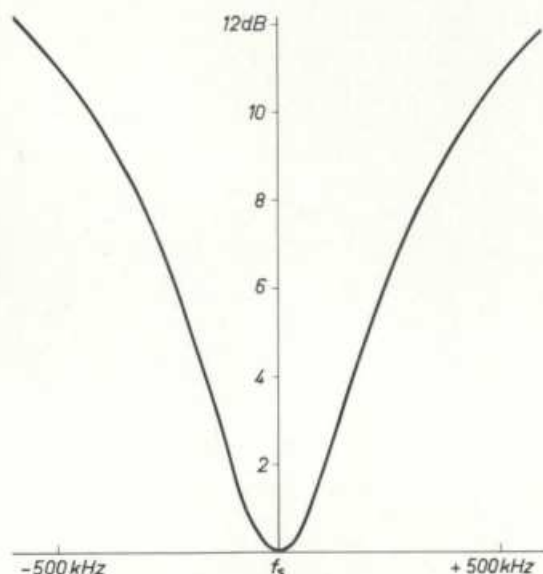


Fig. 12. Doorlaatkarakteristiek van het filter voor de „mise en forme” bij SECAM. Dit filter geeft de grootste verzwakking bij de ongemoduleerde hulpdraaggolfrequentie f_s . De amplitude van het doorgelaten signaal bij momentele frequentie f_s moet 10% van de zwart-witafstand zijn.

luminantiesignaal, tegen ruis en tegen andere storingen verkregen. De bij NTSC vermelde (en eveneens voor PAL geldende) gunstige omstandigheid dat statistisch $|R' - Y'|$ en $|B' - Y'|$ vrij klein zijn ten opzichte van de maximaal mogelijke waarden, heeft in eerste instantie bij SECAM geen gunstig effect. Bij frequentiemodulatie is immers de amplitude van de gemoduleerde draaggolf constant. Door de „mise en forme” wordt ook bij SECAM enig voordeel van de vermelde omstandigheid

[9] H. de France, Le système de télévision en couleurs séquentiel-simultané, *Onde électr.* **38**, 479-483, 1958.

R. Chaste, P. Cassagne en M. Colas, Sequential receivers for French color TV system, *Electronics* **33**, no. 19, 57-60, 1960.

[10] C. F. Brockelsby en J. S. Palfreeman, Ultrasonen verbindingslijnen en hun toepassing in de televisie, *Philips techn. T.* **25**, 326-347, 1963.

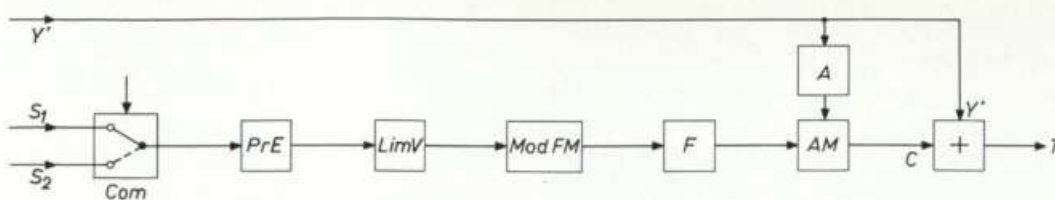


Fig. 13. Blokschema van codeerder voor SECAM. De schakelaar *Com* wordt na elke lijnaf-tasting omgezet. Het pre-emphasis-filter *PrE* en de begrenzer *LimV* van het videosignaal die-nen voor de maatregel, in de tekst onder (1) beschreven, het „mise en forme“-filter *F* voor maatregel (2); het blok *A* levert informatie betreffende de sterkte van de hoogfrequente com-ponenten van het luminantiesignaal *Y'* aan een schakeling die de amplitude van de in fre-quentie gemoduleerde hulpdraaggolf dienovereenkomstig in zekere mate regelt (*AM*, maat-regel 3).

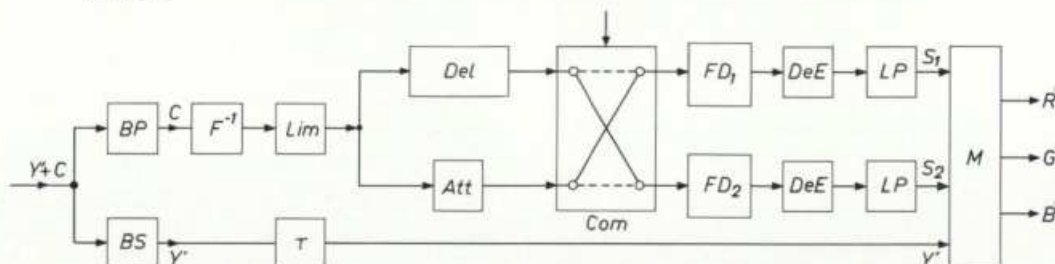


Fig. 14. Blokschema van decodeerder voor SECAM. De filters *BP* en *BS* scheiden chrominantie-en luminantiesignaal. Het filter F^{-1} („remise en forme“) doet de mise en forme van de zendkant te niet. Hierna wordt het signaal in amplitude begrensd (in *Lim*), wat een gunstige invloed heeft op de ruis. Daarna komt het signaal via resp. een vertragslijn *Del* met een vertraging van 1 lijntijd ($64 \mu s$) en een in verzwakking hiermee equivalente verzwakker *Att* op de dubbele omschakelaar *Com*, die na elke lijnaf-tasting wordt omgezet en die zodanig wordt gesynchroni-seerd dat de frequentiediscriminator *FD1* steeds het $(R' - Y')$ -signaal geeft en *FD2* steeds het $(B' - Y')$ -signaal. Na compensatie van de aan de zendzijde toegepaste pre-emphasis door de de-emphasis-trappen *DeE* en begrenzing van de bandbreedte door filters *LP* worden de ver-gregen signalen in de matrix *M* weer met *Y'* gecombineerd tot de signalen R^* , G^* en B^* .

die afhangt van het niveau, dan gaan in het NTSC-beeld kleurfouten optreden.

In moderne apparatuur is het zeer goed mogelijk gebleken deze zg. differentiële fazefouten voldoende klein te houden. Het lijkt evenwel een nog aantrekkelijker oplossing het systeem *ongevoelig* voor zulke fouten te maken. Zowel voor PAL als voor SECAM was het uitgangspunt dat men minder last wilde hebben van de niveau-afhankelijke fazedraaiingen. De bekende wet van het behoud van ellende maakt echter dat hiervoor een zekere prijs betaald moet worden. Bij SECAM wordt het gewenste doel bereikt door de toepassing van frequentiemodulatie. In egale kleurvlakken immers, waarin de frequentie constant blijft, heeft de faze geen invloed. Alleen bij veranderingen in helderheid kunnen differentiële fazefouten ook kleurfouten ten gevolge hebben, maar dit effect is klein en in de praktijk zelden zichtbaar. Wat de prijs is die men voor dit voordeel moet betalen, is hierboven ten dele reeds gebleken: soms hinderlijke fouten bij verticale kleurovergangen en minder goede compatibiliteit.

Bij PAL worden de differentiële fazefouten in eerste instantie minder gevaarlijk doordat de ontstane kleurafwijkingen worden uitgemiddeld. Met de in fig. 12 weergegeven schakeling krijgt men, als het chrominantiesignaal een differentiële fazefout α bevat, in de

$(R' - Y')$ -richting in plaats van het gewenste signaal, b.v. $D \sin \varphi$, om de lijn afwisselend de signalen $D \sin (\varphi + \alpha)$ en $D \sin (\varphi - \alpha)$, zie fig. 15. Gemiddeld is dit $\frac{1}{2} D [\sin (\varphi + \alpha) + \sin (\varphi - \alpha)] = D \sin \varphi \cos \alpha$. Analooog krijgt men voor de $(B' - Y')$ -richting gemiddeld $D \cos \varphi \cos \alpha$. Men krijgt dus op elke lijn een foute kleur, doordat de kleurcomponenten de faze $\varphi \pm \alpha$ in plaats van φ hebben, maar het zijn afwisselend afwijkingen in tegengestelde richting. Geel b.v. zal afwisselend op één lijn te groen en op één lijn te oranje weergege-

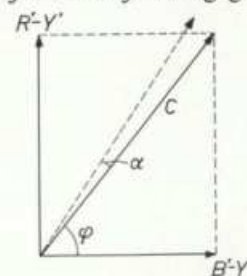


Fig. 15. Vectordiagram van het chrominantiesignaal van PAL in twee opeenvolgende lijnen, bij aanwezigheid van een differentiële fazefout α . De gestippelde vectoren komen in de plaats van de getrokken vectoren *C*. Doordat φ telkens van teken omkeert, α echter niet, treedt bij PAL een zekere compensatie van de fazefouten op.

ven worden. Een groot kleurvlak, op voldoende grote afstand gezien, heeft echter toch de juiste kleurtoon, want de verhouding van $R' - Y'$ en $B' - Y'$ is gemiddeld precies goed; alleen de verzadiging zal iets te klein zijn (immers $\cos a < 1$), wat in het algemeen veel minder hinderlijk is.

Dit is dus de grondgedachte van PAL, maar helaas gaat het verhaal niet geheel op. Door de niet-lineariteit van de beeldbuis karakteristiek ($\gamma \neq 1$) treden bij een fazefout behalve kleurfouten ook helderheidsfouten op, die om de lijn verschillend zijn. Dit geeft een tamelijk grove streepstructuur, die ten gevolge van de interliniëring ook nog in verticale richting lijkt te bewegen. Door dit effect is voor de hier beschreven PAL-ontvanger de tolerantie voor differentiële fazefouten niet groter dan bij NTSC, hoewel het zichtbare effect van zulke fouten geheel anders is, nl. bij NTSC kleurfouten, bij PAL bewegende streepstructuren (veelal „Hanover bars” genoemd).

Het is echter mogelijk een in dit opzicht veel betere PAL-ontvanger te maken. Men laat het uitmiddelen van de fouten dan niet aan het menselijk oog over,

wat echter in het beeld meestal niet opvallend is. De beschreven zeer hinderlijke effecten bij verticale kleurovergangen die soms bij SECAM optreden, zijn hier afwezig.

Uit een groot aantal metingen is gebleken dat de bij de gehele overbrenging optredende differentiële fasefouten voor de verschillende systemen hoogstens de volgende waarden mogen hebben:

NTSC	$\pm 12^\circ$
PAL met PALs decoding	$\pm 12^\circ$
PAL met PALd decoding	$\pm 40^\circ$
SECAM III	$\pm 40^\circ$

Nadere vergelijking van de drie systemen

Gaat men de drie beschreven kleurentelevisie-overbrengingssystemen systematisch vergelijken wat betreft hun eigenschappen, dan blijkt dat géén op alle punten het beste is. Evenmin is er één op alle punten het slechtst. Om een eindoordeel te geven, is dus een tegen elkaar afwegen van het belang van de voor- en nadelen nodig. Het is niet mogelijk gebleken hier een

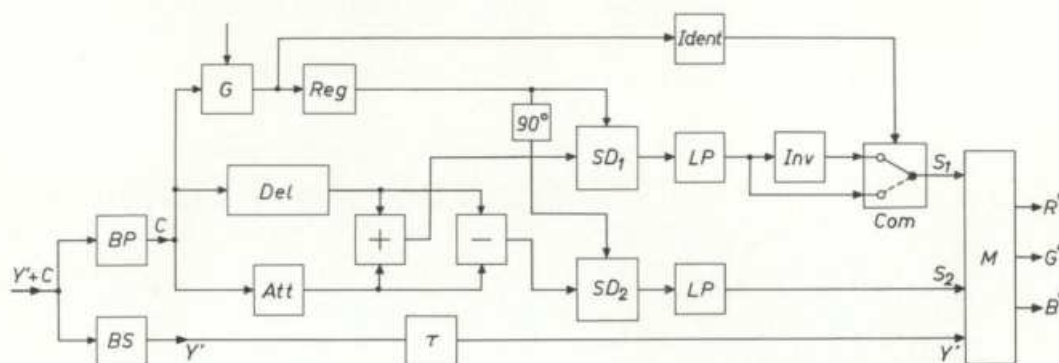


Fig. 16. Blokschema van decodeerder voor PAL met vertragslijn (PALd). Het door filter BP doorgeleaten chrominantiesignaal wordt via resp. de vertragslijnen Del (vertraging 1 lijn) en de verzwakker Att aan een optel- en een aftrekschakeling toegevoerd. Het som- en het verschilsignaal worden synchroon gedetecteerd en verder op dezelfde wijze verwerkt als in de eenvoudige PAL-decodeerder zonder vertragslijn (PALs). Men herkent in het schema de in fig. 7 en 11 aangegeven onderdelen.

maar gebruikt een decodeerder die dit reeds doet door het direct middelen van de elektrische signalen. Dit kan gebeuren met behulp van een vertragsingslijn met een vertraging van één lijntijd ($64 \mu s$), van hetzelfde type als in een SECAM-ontvanger gebruikt wordt (zie fig. 16). Het verschil met SECAM is natuurlijk dat daar de vertragsingslijn essentieel voor de werking is, terwijl hij hier slechts ter wille van een correctie wordt geïntroduceerd. De eenvoudige PAL-decodeerder noemt men nu PALs, de decodeerder met vertragsingslijn PALd.

Gebruikt men de PALd-decodeerder, dan is er een grote tolerantie voor differentiële fazefouten. Door het middelen over aangrenzende lijnen verliest men wat aan verticale scherpte in de kleurverschilsignalen.

geheel objectieve vergelijkingsmethode te vinden. Er volgt nu een opsomming van de belangrijkste eigenschappen die voor vergelijking in aanmerking komen, met vermelding van de resultaten van de vergelijkingsproeven die bij ons ^[11] en elders op grote schaal gedaan zijn. De discussie kan in het kader van dit artikel slechts summier zijn; wel zullen alle relevante punten vermeld worden.

1) *Compatibiliteit*

De mate van compatibiliteit (kwaliteit van het zwart-witbeeld bij ontvangst van een kleurentuitzending op

[11] Report of E.B.U. ad-hoc Group on Colour Television, 2nd ed., febr. 1965.

een normale zwart-witontvanger) is reeds ter sprake gekomen bij de bespreking van elk van de drie systemen. De conclusie moet zijn dat het NTSC-systeem in dit opzicht zeer goed is, PAL iets minder goed doch nog redelijk, terwijl SECAM hier duidelijk het slechtst is. Velen, met name o.a. in Frankrijk, achten ook SECAM in dit opzicht goed genoeg.

2) Kwaliteit van het kleurenbeeld onder goede condities

Bij ontvangst van een signaal met weinig ruis en storingen en bij gebruik van goede en goed ingestelde apparatuur is de weergave van individuele kleuren bij alle systemen even goed. Verschillen zijn er in de kwaliteit van de overgangen van een kleur naar een andere en in de zichtbaarheid van de gemoduleerde hulpdraaggolf in het beeld. Op beide punten komt wederom NTSC als het beste systeem uit de bus. Wat betreft de zichtbaarheid van de hulpdraaggolf, is de situatie analoog aan wat over de compatibiliteit is gezegd. Welis-

voor overgangen tussen verzadigde kleuren, veel slechter, doordat de gebruikte frequentiezwaaai nogal groot is ten opzichte van de beschikbare breedte voor het chrominantiesignaal. De zijbanden van hogere orde van het FM-signaal vallen daardoor bij een steile overgang buiten die band, en dit leidt na detectie tot een verlies van steilheid. Het bij de bespreking van het SECAM-systeem vermelde begrenzen van de frequentiezwaaai maakt de overgangen nog slechter^[12] (fig. 17). Dit argument tegen SECAM weegt bijzonder zwaar in die landen waar de frequentieafstand tussen beeld- en geluidsdraaggolf 5,5 MHz is, zoals bij de meeste West-europese landen met de 625-lijnnorm. In Frankrijk is deze afstand 6,5 MHz, daar heeft men dus iets meer speling.

Wat betreft de verticale overgangen, kan verwezen worden naar wat hierover reeds in het voorgaande is gezegd. Volgorde van preferentie: NTSC, PAL, SECAM.

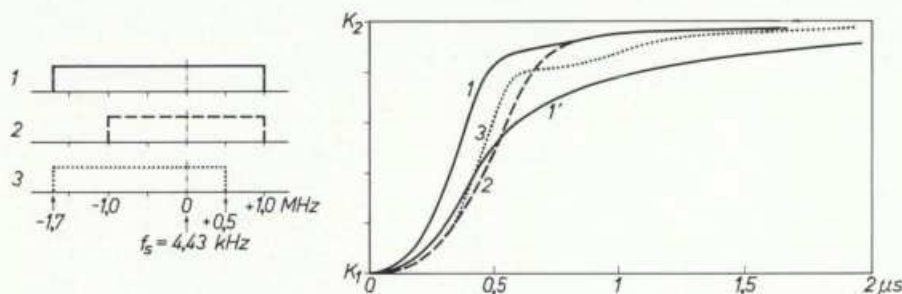


Fig. 17. Scherpertevermindering die bij SECAM in de weergave van een abrupte horizontale kleurovergang optreedt als gevolg van de beperkte bandbreedte voor het chrominantiesignaal (afsnijding van hogere zijbanden van het frequentiegemoduleerde signaal). Uitgezet is het tijdsverloop van de overgang van een kleur K_1 tot een kleur K_2 . De krommen 1, 2, 3 gelden voor het geval in de kleurvlakken K_1 en K_2 de frequentie-uitwijking voor een der beide kleurverschilsignalen (S_1 of S_2) resp. -200 kHz en $+100$ kHz bedraagt, met drie verschillende begrenzingen van de chrominantieband, zoals in de grafiekjes aan de linkerkant is aangegeven. Bij de kromme 1' (met dezelfde bandbreedtebegrenzing als 1) was de frequentie-uitwijking voor de kleuren K_1 en K_2 resp. -300 kHz en $+300$ kHz. In dit geval wordt ook de begrenzing van de frequentiezwaaai tot 500 kHz merkbaar. Deze begrenzing treft immers vooral de bij abrupte overgangen optredende hoogfrequente videocomponenten, daar deze door de pre-emphasis worden versterkt en bij de modulatie nog verhoogde frequentie-uitwijkingen leveren.

Men ziet dat de kleurovergang bij kromme 1' meer dan $1 \mu s$ vergt, hetgeen bij 625 lijnen aan ruim 10 beeldelementen beantwoordt (horizontale afstand gelijk aan meer dan 10 lijnbreedtes).

waar wordt in de kleurenontvanger een onderdrukkingsfilter gebruikt in het luminantiekanaal om de hulpdraaggolf te verzwakken, maar de onderdrukkingsband van dit filter mag niet te breed zijn, omdat anders de scherpte van het beeld te slecht zou worden. Van de zijbanden van het chrominantiesignaal kan men dus hinder blijven ondervinden, en dit treedt met name op bij de overgangen in het beeld, waar de hulpdraaggolfstructuur weer merkbaar wordt. Ook voor deze effecten is NTSC het best, PAL iets slechter, SECAM nog iets slechter. De scherpte van de horizontale kleurovergangen is in principe bij NTSC en PAL gelijk. Deze wordt alleen bepaald door de bandbreedte van het chrominantiesignaal. Bij SECAM is de situatie, vooral

3) Beeldkwaliteit bij signalen met ruis en storingen

Speciaal als men ver van de zender is („fringe area”), wordt het belangrijk, hoe de beeldkwaliteit beïnvloed wordt door ruis en storingen in het signaal. Het luminantiesignaal ondergaat dezelfde verslechtering in deze omstandigheden als bij een zwart-wituitzending, en de effecten hiervan op het kleurenbeeld zijn geheel analoog met wat bij zwart-wittelevisie gebeurt. In de kleurenontvanger komen hier nog de effecten bij die via de kanalen voor de kleurverschilsignalen in het beeld ontstaan. Voor NTSC en PAL zijn de omstandigheden wat dit betreft niet erg verschillend. Wat de ruis betreft, zou men misschien verwachten dat bij PAL met een decodeerder met vertragslijnen een verbetering van

3 dB in de signaal-ruisverhouding van de kleurverschilsignalen optreedt: men telt immers de signalen van opeenvolgende lijnen op, waarbij de ruis, die ongecorrleerd is in opvolgende lijnen, slechts kwadratisch optelt. Toch ziet men bij directe beschouwing van het kleurenbeeld deze verbetering niet. Dit komt waarschijnlijk doordat de ruis in het beeld nu door het overlappend optellen juist een zekere correlatie krijgt van lijn tot lijn. Dit geeft een verhoogde zichtbaarheid van de ruis, die blijkbaar de winst van 3 dB weer te niet doet. Overigens zij vermeld dat bij aanwezigheid van „witte” ruis in het ontvangen signaal het grootste deel van de hinderlijke effecten via het luminantiekanaal komt.

Bij SECAM III is in geval van niet te veel ruis de situatie ongeveer net zo als bij NTSC en PAL. Overschrijdt de ruis een zekere drempelwaarde, dan worden de effecten plotseling veel hinderlijker („silverfish effect”). Dit is een algemeen verschijnsel bij frequentiemodulatie^[13]. De ligging van de drempel hangt mede af van de gebruikte apparatuur. Met name de eigenschappen van de begrenzer vóór de FM-detector spelen hier een rol. In de praktijk blijkt dit effect zich nogal eens voor te doen, vooral als er behalve ruis ook een verzwakking van de hogere videofrequenties optreedt. Dit laatste kan gebeuren in zeer lange verbindingen of bij aanwezigheid van echosignalen (b.v. in bergachtig terrein).

4) Vervorming van het signaal

Bepaalde soorten vervorming hebben op het kleuren-televisiesignaal een ernstiger invloed dan op een zwart-wit-televisiesignaal. Alleen zulke soorten vervorming zullen hier ter sprake komen.

De zojuist genoemde verzwakking van de hogere videofrequenties heeft bij zwart-wittelevisie alleen een verminderde scherpte van het beeld tot gevolg. Bij NTSC en PAL leidt vermindering van amplitude van de hulpdraaggolf tot kleinere verzadiging van de kleuren. Indien de verzwakking niet te groot is, kan dit gemakkelijk gecompenseerd worden. Vele ontvangers hebben hiervoor zelfs een automatische regeling. Frequentieafhankelijke verzwakking in de chrominantieband leidt tot een slechte kwaliteit van de horizontale kleurovergangen. In de PAL-ontvanger met vertragslijn treedt hier een zekere compensatie van de fouten op. Dit is een voordeel van het PAL-systeem. Ook bij SECAM worden de horizontale overgangen slechter bij bandbreedtebegrenzing. Volgorde van voorkeur wat betreft deze effecten: PAL met vertragslijn, NTSC, PAL zonder vertragslijn, SECAM.

Het effect van fazefouten, onafhankelijk van het luminantiesignaalniveau, is nog niet erg grondig onderzocht. Een groot verschil tussen de systemen in dit opzicht is tot dusver niet gebleken.

Anders is het met de niveau-afhankelijke fazefouten

(„differential phase”). Hierover is in het voorgaande reeds uitvoerig gesproken. SECAM en PAL met vertragslijn zijn hier in het voordeel boven NTSC en PAL zonder vertragslijn.

Volledigheidshalve zij nog iets gezegd over niveauafhankelijke *amplitude*-fouten, d.w.z. een verandering van de amplitude van het hulpdraaggolfsignaal in afhankelijkheid van het luminantiesignaalniveau. Zulke fouten geven bij NTSC en PAL afwijkingen in de kleurverzadiging, bij SECAM is, doordat FM gebruikt wordt, de invloed geringer. Voor goede beeldkwaliteit zijn de toleranties bij NTSC en PAL van de orde van 30%, bij SECAM 65%. Veel gewicht legt deze grote tolerantie van SECAM niet in de schaal, want zulke grote afwijkingen kunnen in de praktijk meestal gemakkelijk vermeden worden. Trouwens, als ze optreden, wijzen ze op een zo grote niet-lineariteit dat ook zwart-witbeelden ongunstig beïnvloed zouden worden.

Het meest bediscussieerd van deze vervormingen zijn ongetwijfeld de differentiële fazefouten. Het is gebleken dat in moderne apparatuur aan de zwaarste eisen (d.z. die voor NTSC) kan worden voldaan. In de ontvangers is het zelfs vrij eenvoudig om binnen de gestelde toleranties te blijven. In oudere professionele apparatuur, met name van straalzenderverbindingen en televisieomroepzenders, treden soms te grote fouten op. In Engeland heeft men voor NTSC met goed succes een speciale correctiemethode voor dergelijke moeilijke gevallen ontwikkeld. Hiermee is b.v. op een zeer slechte verbinding Londen-Moskou met NTSC een even goede beeldkwaliteit verkregen als met PAL. Beide systemen waren hier beter dan SECAM. Het slechtere resultaat met SECAM was een gevolg van gelijktijdig optredende andere effecten (bandbreedtebeperking, ruis, storingen), waardoor NTSC en PAL minder gestoord werden^[14].

5) Invloed van echo's

Het effect van echosignalen bij zwart-wittelevisie is bekend. Naast het gewenste beeld treden over een horizontale afstand verschoven „geestbeelden” op, zie ook het aangehaalde artikel^[10]. Is die afstand klein (echo's met klein tijdsverschil), dan ziet men alleen

[13] H. Schönfelder, Signalverzerrungen bei Fernsehsystemen mit frequenzmoduliertem Unterträger, Archiv elektr. Übertr. **15**, 273-284, 1961.

H. Schönfelder, Der Einfluß von System- und Übertragungsfehlern bei einer Farbfernsehübertragung nach dem SECAM-Verfahren, Archiv elektr. Übertr. **16**, 385-399, 1962.

D. A. Rudd, Mullard Research Laboratories, niet gepubliceerd.

[14] J. van Slooten, FM-ontvangst met relatief sterke storingen, Philips techn. T. **22**, 219-227, 1960.

[14] E.B.U. ad-hoc Group on Colour Television, Document Com. T(E) 164, Memorandum on the Paris/London/Moscow colour transmission tests, dec. 1964.

meer of minder storende effecten bij helderheidsovergangen (overshoot, relief). Dezelfde verschijnselen treden ook bij kleurentelevisie op, ze zijn te wijten aan het effect van de echo's op het luminantiesignaal. Dit is meestal ook in het kleurenbeeld het meest storende effect van de echo. Daarnaast kunnen nog kleurveranderingen optreden, die op een ingewikkelde wijze veroorzaakt worden door de werking van de echo's in het chrominantiesignaal, o.a. via de reeds vermelde verzwakking van de hogere videofrequenties of via een beïnvloeding van het referentiegolftreintje. Deze laatste effecten zijn verschillend in de verschillende systemen. Bij uitgebreide proeven, vooral in Zwitserland, is gebleken dat onder zeer moeilijke omstandigheden, als de beeldkwaliteit dus al vrij slecht tot slecht is, vaak PAL met vertragsingslijn hier iets betere resultaten geeft dan NTSC en SECAM. Ook bij proeven in sommige steden meent men dit statistisch te hebben aangetoond. De verschillen zijn niet zeer groot, maar toch heeft vooral dit punt in vele landen met bergachtig terrein veel indruk gemaakt en daar tot een voorkeur voor het PAL-systeem geleid (met name in de Scandinavische landen, Zwitserland, Oostenrijk, Italië en ook Duitsland).

6) Studietechniek

Aan de opneemkant is de meeste apparatuur, in het bijzonder de camera, voor alle systemen gelijk. Verschillen zijn er natuurlijk in de codeerders, zoals reeds werd beschreven. Belangrijke verschillen in eigenschappen van de systemen komen in de studio alleen te voorschijn bij de magnetische registratie en bij het geleidelijk verzwakken en het mengen van kleursignalen van verschillende signaalbronnen. We beschouwen deze operaties afzonderlijk.

a) Magnetische registratie

Aangezien bij NTSC en PAL de faze van de hulpdraaggolf belangrijke informatie bevat, moet bij het afnemen van het geregistreerde signaal op de magnetische band deze faze goed worden gereproduceerd. Voor NTSC is de tolerantie van de orde van $\pm 5^\circ$, d.w.z. de tijdfouten moeten binnen de 3 nanoseconden blijven. Dit is een buitengewoon strenge eis, waaraan mechanisch niet kan worden voldaan. Men heeft de oplossing gevonden door de eventueel optredende tijdfouten te corrigeren met behulp van een regelbare elektrische vertragsingslijn. Op deze wijze is het mogelijk te voldoen aan de gestelde eisen voor NTSC, en dus ook aan de wat minder zware eisen voor PAL.

Een ander probleem, dat ten dele hiermee samenhangt, is het verkrijgen van een gelijke weergave van de vier koppen, die bij de thans in studio's gebruikelijke typen van videobandopnemers worden gebruikt.

Slaagt men hierin niet geheel, dan ontstaan in het weergegeven beeld horizontale banden met afwijkende weergave („head banding”). In de modernste apparatuur is men erin geslaagd de gestelde problemen onder de knie te krijgen.

Een voordeel van SECAM is dat hier de eisen aan de bandopnemer, met name wat betreft de tijdfouten, wat minder streng zijn. In sommige gevallen bleek het zelfs mogelijk een goede zwart-witbandopnemer ongewijzigd voor SECAM te gebruiken. Men mag er echter niet op rekenen dat dit steeds mogelijk zal zijn. Alleen reeds het feit dat er een hulpdraaggolf van ca. 4,4 MHz met grote amplitude aanwezig is, geeft problemen (moiré-effecten), die meestal om speciale voorzieningen vragen. Bovendien wordt, zelfs al wordt de kleurinformatie bij SECAM door de tijdfouten niet sterk benadeeld, toch de compatibiliteit ongunstig beïnvloed.

b) Het geleidelijk verzwakken („faden”) en het mengen van beelden

Het in een gewenste sterkteverhouding mengen van beelden levert bij NTSC en PAL geen bijzondere moeilijkheden op. Als men er maar voor zorgt dat de referentiegolftreintjes voor twee te mengen signalen geen onderling fazeverschil vertonen, kunnen de normale mengmethodes van de zwart-wittevisietechniek gebruikt worden. Bij SECAM is dit echter niet mogelijk, aangezien het direct mengen (bij elkaar optellen) van twee FM-signalen niet tot een zinnig resultaat leidt. Daarom is voor menging nodig: een gedeeltelijke decoding, daarna afzonderlijke simultane menging van luminantiesignaal en kleurverschilsignalen, ten slotte recodering (zie fig. 18). Dit is in het studiobedrijf een vervelende complicatie, die ook bij het geleidelijk verzwakken van het signaal reeds nodig is, aangezien een vermindering van de amplitude bij een FM-signaal natuurlijk geen effect sorteert. Onaangenaam is ook dat bij de beschreven procedure enig verlies van beeldkwaliteit optreedt. Op dit punt is SECAM dus in het nadeel ten opzichte van NTSC en PAL.

Bij PAL en SECAM is, in tegenstelling met NTSC, de signaalsamenstelling niet op alle lijnen dezelfde. Zoals besproken, is er daarom bij PAL en SECAM ook een identificatiesignaal nodig aan het begin van iedere lijn. Dit geeft in de studio enige problemen extra. Bij het mengen van twee beelden moet men er niet alleen voor zorgen dat beeld- en lijnaftasting isochroon zijn, ook het omschakelen na elke lijn moet in faze gebeuren. Dit heeft weer enige lastige consequenties, in het bijzonder ook bij het mengen met signalen afkomstig van magnetische registratie. Hierop kunnen we in dit kader niet dieper ingaan.

7) Eigenschappen van de ontvangers

Belangrijke eigenschappen van de ontvangers zijn vooral de stabiliteit, de eenvoud van bediening, en ook de prijs. Nu is een kleurentelevisieontvanger, voor welk systeem dan ook, een gecompliceerd apparaat. Een groot deel van de ontvanger is onafhankelijk van het gebruikte overbrengingssysteem, met name geldt dit voor de beeldbuis en de schakelingen die daar direct bij horen. Verschil is er in principe alleen in dat deel van de ontvanger waar het chrominantiesignaal gedecodeerd wordt.

Met NTSC-ontvangers heeft men de meeste erva-

Vertragslijnen van glas, die in een voldoende groot temperatuurgebied aan deze eisen voldoen^[10], zijn thans beschikbaar, maar nog niet in massafabricage gemaakt. De schattingen van het prijsverschil tussen een PAL-ontvanger met vertragslijn en een vergelijkbare NTSC-ontvanger variëren tussen 3,5% en 6%. Zonder vertragslijn wordt de PAL-ontvanger goedkoper, maar toch nog duurder dan een NTSC-ontvanger.

De SECAM-ontvanger heeft een vertragslijn essentieel nodig. De toleranties in de vertragingstijd zijn hier echter wat groter (± 50 ns), waardoor misschien

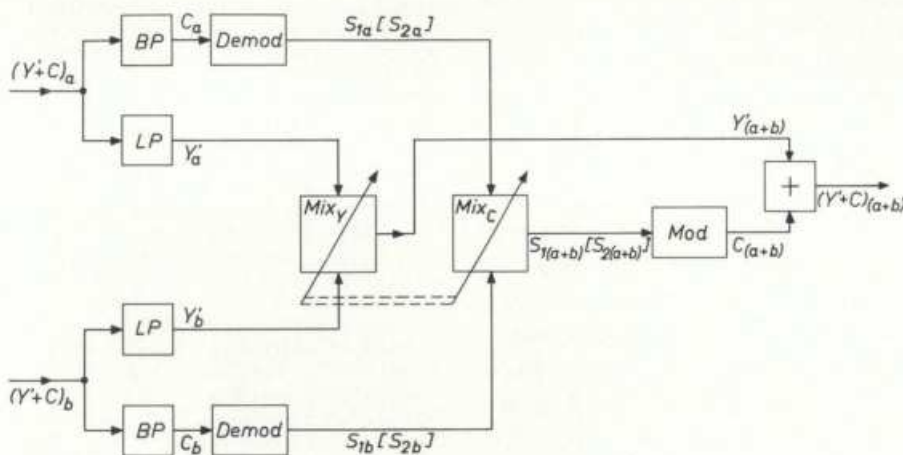


Fig. 18. Schakeling voor het mengen van twee SECAM-signalen a en b in de studio. Van elk signaal moet eerst het chrominantiesignaal C afgesplitst en gedemoduleerd worden tot S_1 en S_2 (afwisselend één lijn lang). De menging geschiedt dan simultaan voor het luminantiesignaal Y' en het aanwezige kleurverschilsignaal S_1, S_2 in de mengtrappen Mix_Y en Mix_C . Daarna is weer frequentiemodulatie van het uitgangssignaal van Mix_C nodig alvorens dit bij het resulterende luminantiesignaal gevoegd kan worden.

Een nadeel van deze ingewikkelde procedure is nog dat het luminantiesignaal door de laag doorlatende filters LP in bandbreedte beperkt wordt. Dit is absoluut noodzakelijk, daar de oorspronkelijke chrominantiesignalen rigoreus van de mengtrap Mix_Y en de uiteindelijke opteltrap verregehouden moeten worden.

ring, en het is gebleken dat een goede stabiliteit en eenvoudige bediening te realiseren zijn. Een NTSC-ontvanger heeft meestal behalve de ook voor een zwart-witontvanger normale bedieningsknoppen twee extra knoppen voor de kleur, nl. een voor de verzadiging en een voor de kleurtoon. Het is mogelijk deze instellingen automatisch te maken, er zouden dan geen knoppen voor de kleurinstelling zijn. De vraag is echter of dit gewenst is. Het blijkt vaak nuttig enige instelmogelijkheid te hebben om de beste aanpassing te verkrijgen bij de gegeven kijkomstandigheden, zoals de bijverlichting, en eventueel de persoonlijke smaak.

De PAL-ontvanger is, zoals uit de blokschema's fig. 12 en 16 blijkt, gecompliceerder en daardoor duurder dan een vergelijkbare NTSC-ontvanger. De vertragingstijd van de vertragslijn voor PAL mag hoogstens 5 ns van de nominale waarde afwijken, wil men hinderlijke effecten in het beeld voorkomen.

deze vertragslijn iets goedkoper kan worden dan die voor PAL. Ook de prijs voor een SECAM-ontvanger wordt in het algemeen wat hoger geschat dan de prijs van een vergelijkbare NTSC-ontvanger (1,5%-5%).

Met SECAM-ontvangers, evenals trouwens met PAL-ontvangers, bestaat nog betrekkelijk weinig ervaring. Een moeilijk punt is de stabiliteit van de FM-discriminatoren. Als de centrale frequentie van 4437,5 kHz ongeveer 10 kHz verloopt, dan is dit in het beeld reeds als een verkleuring te zien. Ook de „remise en forme” (zie boven) moet zeer nauwkeurig geschieden, anders worden de kleurovergangen in het beeld slecht. De „contrast”-regeling is eveneens een probleem, doordat het luminantiesignaal als amplitudemodulatie, het chrominantiesignaal als frequentiemodulatie in het samengestelde SECAM-signaal aanwezig is (vgl. de reeds besproken moeilijkheden bij het geleidelijk verzwakken). Ook is het moeilijk een met de hand instel-

bare kleurregeling te maken. In de meeste ontwerpen voor SECAM-ontvangers ontbreekt deze dan ook, wat meestal een voordeel genoemd wordt maar op den duur wel eens een nadeel zou kunnen blijken te zijn.

Afwegen van voor- en nadelen

Zoals reeds gezegd, is het zeer moeilijk de balans van alle voor- en nadelen op te maken. Afgezien van de gevoeligheid voor differentiële fazefouten, de problemen bij magnetische registratie en het effect van echo's, is het NTSC-systeem op alle punten in het voordeel. De eerste twee van deze drie bezwaren leveren met moderne apparatuur geen grote moeilijkheden op. Het probleem van echo's wordt in verschillende landen als zeer belangrijk beschouwd, hoewel de op dit punt geconstateerde verschillen niet erg groot zijn. In Engeland en Nederland, beide landen waar tamelijk veel experimenteel werk gedaan is, is men tot de conclusie gekomen dat het NTSC-systeem de beste oplossing is. Vele andere Westeuropese landen neigen echter naar het PAL-systeem. De deskundigen in Engeland en Nederland achten momenteel het PAL-systeem een aanvaardbaar alternatief. Tegen het SECAM-systeem hebben velen in West-Europa overwegende bezwaren, vooral wat betreft de boven besproken punten 1 (compatibiliteit), 2 (kwaliteit van het kleurenbeeld, vooral bij een verschil van 5,5 MHz tussen beeldraaggolf en geluidsdraaggolf), 3 (ruis), 6b (studioteknik) en 7 (ontvangers). In Frankrijk acht men deze bezwaren niet ernstig en blijft het officiële standpunt op SECAM staan. Ook in Rusland ziet men veel in het SECAM-systeem, hoewel er aanwijzingen zijn dat men daar tamelijk ingrijpende wijzigingen in het SECAM-systeem

voorstaat. Aangezien verscheidene landen (o.a. Engeland en West-Duitsland) in de loop van 1967 met regelmatige kleurentelevisie-uitzendingen willen beginnen, wordt de eerstvolgende CCIR-conferentie (Oslo, juni/juli 1966) als zeer belangrijk beschouwd. Indien men het hier niet eens wordt, is de kans op één enkel systeem voor heel Europa zeer klein. Het uitblijven van eenheid zou zeer nadelige technische en economische consequenties hebben voor de verdere ontwikkeling van de kleurentelevisie in Europa.

Samenvatting. Bij de op handen zijnde invoering van kleurentelevisie in Europa zal een keuze gemaakt moeten worden uit drie voorgestelde overbrengingssystemen: NTSC, PAL en SECAM. Na een beknopte beschrijving van de verschillen tussen deze systemen tracht de auteur een zo objectief mogelijk beeld te geven van hun voor- en nadelen. Daartoe worden de eigenschappen van de systemen op alle relevante punten vergeleken, en voor ieder punt wordt een volgorde van preferentie vastgesteld. Zo is b.v. de compatibiliteit bij het NTSC-systeem zeer goed, bij PAL minder, bij SECAM duidelijk het slechtst. SECAM is in hoge mate ongevoelig voor differentiële fazefouten. Deze eigenschap wordt ook bij PAL verkregen als men een decodeerder met vertragslijn gebruikt, terwijl men bij NTSC erop aangewezen is de differentiële fazefouten voldoende klein te maken; bij zorgvuldige uitvoering van de apparatuur is dit ook in de ongunstigste omstandigheden mogelijk gebleken. Indien er veel echo's optreden (b.v. in bergachtig terrein), schijnt PAL volgens een statistisch onderzoek iets betere resultaten te geven dan de andere systemen, doch de verschillen in dit opzicht zijn gering. Wat de studioteknik betreft, is bij het magnetisch registreren SECAM iets in het voordeel door zijn geringe gevoeligheid voor tijdfouten, maar bij de operaties van „faden” en mengen, die in de studio schering en inslag zijn, leidt SECAM tot complicaties. Ook op alle overige punten — kwaliteit van het kleurenbeeld met en zonder storingen, invloed van vervorming van het signaal, prijs en comfort van de ontvangers, enz. — gaat de voorkeur uit naar NTSC, terwijl PAL op vele van deze punten als vrijwel gelijkwaardig is te beschouwen. Bij het opmaken van de balans van voor- en nadelen der drie systemen zal het erop aankomen, welk gewicht men aan de verschillende vergelijkingspunten wil toekennen.

Bepaling van kleine afmetingen door buiging van laserlicht

M. Koedam

537.525:535.339

Lasers leveren coherente straling die geconcentreerd is in zeer smalle spectrale gebiedjes en in een uiterst kleine ruimtehoek. Dank zij deze eigenschappen is het laserlicht bij uitstek geschikt voor het demonstreren van buigings- en interferentieverschijnselen. Men kan hiervan met succes gebruik maken voor een probleem dat zich vanouds in de gloeilampen- en buizenfabricage voordoet en waarvoor men reeds lang geleden een oplossing met behulp van lichtbuiging heeft voorgesteld^[1], nl. het probleem van de meting van de diameter van zeer dunne draden.

De opstelling is in *fig. 1* geschetst. We gebruiken als lichtbron een gaslaser met He-Ne-vulling, die ca. 5 mW straling bij een golflengte $\lambda = 632,8$ nm levert

Door de onderlinge afstand van minima op het scherm alsmede de afstand van draad tot scherm te meten en verg. (1) toe te passen, kunnen we de draaddiameter bepalen. Met betrekkelijk primitieve middelen bereiken we aldus reeds een nauwkeurigheid van 0,5%.

Essentieel voor het verkrijgen van een scherp en direct interpreteerbaar buigingsbeeld is dat de intensiteitsverdeling van de laserlichtbundel over de hoek slechts één maximum vertoont. Bij de gebruikelijke gaslasers is hieraan niet voldaan, doordat in de laserbuis verschillende trillingsvormen (modes) kunnen optreden^[2]. Voor onze metingen hebben we een laser met een zodanige spiegelconfiguratie en zo nauwe ontladringsruimte geconstrueerd dat slechts

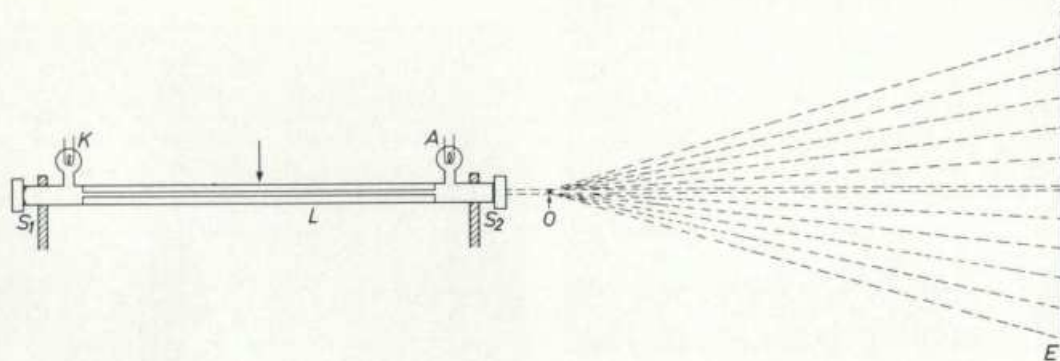


Fig. 1. Opstelling voor de metingen. *L* gaslaser, met elektrodes *A* en *K*, waartussen een gelijkspanning van ca. 2000 V staat, en met een holle spiegel *S*₁ en een vlakke spiegel *S*₂. De laser levert een vermogen van ca. 5 mW bij $\lambda = 633$ nm (in slechts één trillingswijze). De spiegels kunnen zeer eenvoudig worden gejusteerd door de, aan het einde ingeklemde, buis in het midden door te buigen. Op het scherm of matglas *E* wordt het buigingspatroon opgevangen dat door het object *O* in de laserlichtbundel ontstaat. De hier schetsmatig aangegeven afgebogen bundeltjes (maxima) worden veroorzaakt door een draad die dwars in de bundel is geplaatst, loodrecht op het vlak van tekening.

(en ook straling in het infrarood, die we hier echter kunnen verwaarlozen). De diameter van de geëmitteerde stralingsbundel vlak bij de bron bedraagt ca. 1 mm, zijn ruimtelijke openingshoek niet meer dan ca. 5×10^{-6} steradiaal (vlakke openingshoek ca. 9 boogminuten). De te meten draad met diameter *d* wordt dwars in de lichtbundel geplaatst en veroorzaakt een buigingspatroon, dat op een scherm of een matglazen plaat wordt opgevangen. De minima in dit patroon liggen bij hoeken α_n ($n = 1, 2, 3, \dots$), gegeven door:

$$\sin \alpha_n = n\lambda/d. \quad \dots \dots (1)$$

één enkele trillingsvorm mogelijk is. (De uitgezonden bundel krijgt daarbij principieel een zekere divergentie, maar de openingshoek is voor het doel nog ruimschoots klein genoeg.)

We hebben de methode toegepast voor draden vanaf 5 μ m diameter (dat zijn de dunste die in ons geval voorkomen) tot 500 μ m diameter. In *fig. 2a-d* zijn de buigingspatronen van enkele draden weerge-

[1] J. Runge, Technisch-wissenschaftliche Abhandlungen aus dem Osram-Konzern, 1, blz. 165 en 170, 1930.

[2] De verschillende maxima die hierdoor in de dwarsdoorsnede van de bundel ontstaan en hierin een regelmatig patroon vormen, zijn b.v. duidelijk te zien bij de kleine gaslaser die indertijd in dit tijdschrift is beschreven; zie J. Haisma, S. J. van Hoppe, H. de Lang en J. van der Wal, Philips techn. T. 24, 217, 1962, speciaal fig. 3 aldaar.

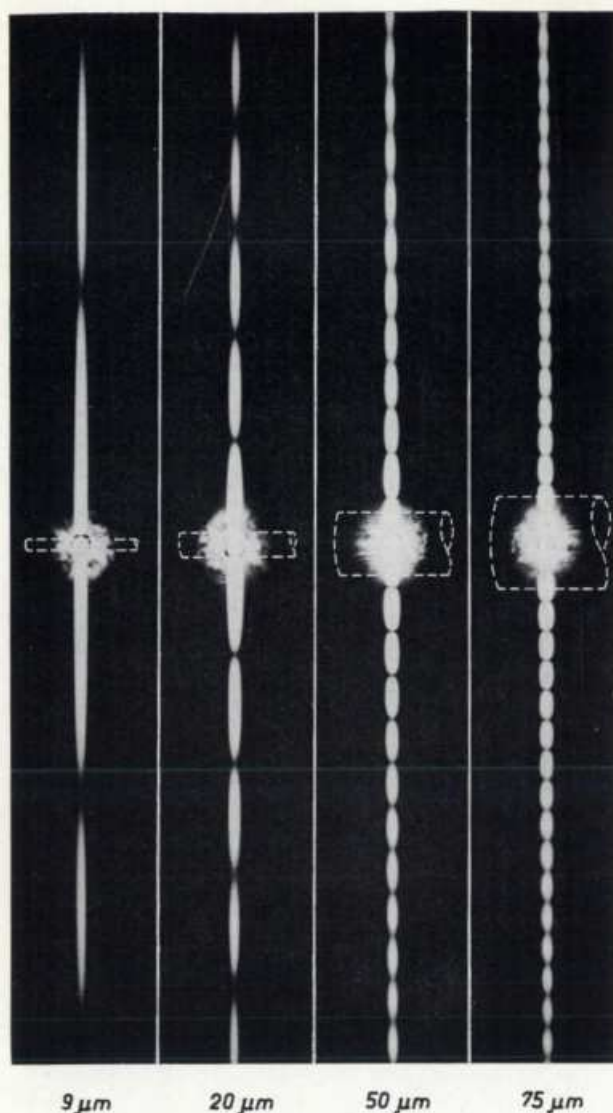


Fig. 2. Het buigingspatroon van vier wolframdraden van verschillende dikte, bij een zelfde afstand van de draden tot het scherm. De stand van de draden bij deze opnamen is gestippeld aangegeven. De afstanden van de minima in elk patroon zijn omgekeerd evenredig met de draaddiameter.

geven. De fijne structuur, die men in de centrale lichtstip vooral bij de dikste draden (*c* en *d*) duidelijk onderscheidt, is het buigingsverschijnsel dat door de eindige doorsnede van de gebruikte lichtbundel zelf ontstaat. Om te vermijden dat deze structuur ook in de opeenvolgende buigingsmaxima van de draad merkbaar is en de metingen bemoeilijkt, moet de bundeldiameter enige malen zo groot zijn als de draaddiameter. Men moet daartoe de draad op voldoende afstand van de laser plaatsen. Voor relatief dikke draden wordt de meetmethode daardoor minder gemakkelijk, want voor een draad van 500 μm b.v. heeft men al een afstand van enige meters nodig. Bovendien worden bij zulke relatief dikke draden de hoeken α_n zo klein dat men ook de afstand tussen

draad en scherm zeer groot moet maken (i.c. minstens 3 m).

Dat deze meetmethode pas door de laser praktisch mogelijk is geworden, kan men als volgt inzien.

Ten einde bij gebruik van een normale (niet-coherente) lichtbron een voldoende scherp buigingspatroon te krijgen, moeten de ruimtelijke openingshoek ω van de gebruikte stralingsbundel en de grootte A van het stralende oppervlak voldoen aan de voorwaarde [3]:

$$\omega A < \frac{\pi^2}{4} \lambda^2. \quad \dots \dots (2)$$

Daarmee wordt tegelijkertijd de verkrijgbare lichtsterkte van het buigingspatroon beperkt, want de lichtstroom in de bundel is ωA maal de gegeven luminantie van de lichtbron. Voor een der beste tot dusver voor het doel beschikbare lichtbronnen, de CS 100 W, een kwiklamp met een luminantie van $1,7 \times 10^9 \text{ cd/m}^2$ en met $A = 0,2 \text{ mm}^2$, waarvan men de

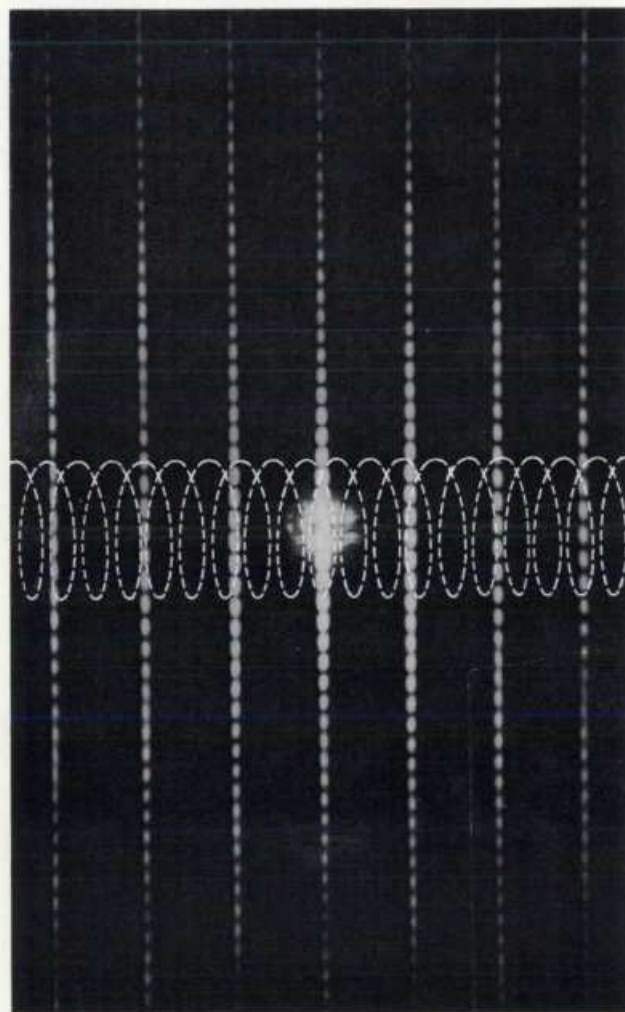


Fig. 3. Buigingspatroon van een spiraal met een diameter van 113 μm en een spoed van 26 μm . De spiraal is gestippeld aangegeven.

spectrumlijn $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ uitfiltert, vindt men met verg. (2) dat $\omega < 4 \times 10^{-6}$ steradiaal moet zijn, d.i. vrijwel even groot als de openingshoek van onze laserbundel (zie boven). Door de grotere bundeldiameter, maar vooral door de enorm veel grotere luminantie van de laser geeft deze binnen die hoek een ca. 5000 maal zo grote lichtstroom voor het buigingspatroon (daarbij is de ooggevoeligheid, die voor $\lambda = 546 \text{ nm}$ aanzienlijk groter is dan voor onze lasergolflengte $\lambda = 633 \text{ nm}$, reeds verdisconteerd).

Wegens de geringe lichtsterkte van het patroon die met de oude lichtbronnen werd verkregen en die het nodig maakte in het donker en fotografisch te werken, was de methode tot dusver niet aantrekkelijk. Nu kunnen de metingen visueel en bij daglicht worden uitgevoerd en komen de vele voordelen die de buigingsmeting ten opzichte van andere draadmeetmethodes voor dunne draden heeft pas tot hun recht: ze is eenvoudig, niet-destructief, snel en nauwkeurig, heeft geen ijking nodig en kan bij geringe draadlengte (ca. 1 mm) worden toegepast. Desgewenst kan men de diameter van een lopende draad continu bepalen door het buigingspatroon foto-elektrisch te registreren.

In plaats van een rechte draad kan men ook een *gespiraliseerde* draad in de lichtbundel plaatsen. Men krijgt dan een *dubbel* buigingsverschijnsel (fig. 3): de periodieke structuur van de spiraal werkt als een buigingstralie, dat als interferentiepatroon een reeks equidistante lichte lijnen loodrecht op de spiraalas levert. Langs ieder van deze lijnen echter treden een reeks buigingsmaxima op, die blijken te beantwoorden aan de buiging die de hele spiraal veroorzaakt als men deze vervangen denkt door een massieve rechte draad ter dikte van de spiraal.

Onze laatste figuur toont buigingspatronen die verkregen zijn van een *treksteen*, axiaal in de laserbundel geplaatst. De buiging aan het ronde gat van zo'n steen levert een reeks concentrische ringen (fig. 4a). Uit de onderlinge afstand der ringen kan de gatdiameter zeer nauwkeurig worden berekend — deze bepaling, op deze wijze eigenlijk voor het eerst goed mogelijk, leidde tot een bevestiging van het door ons

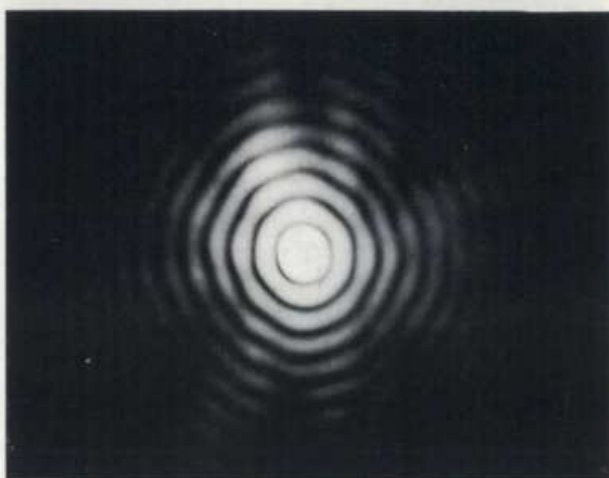
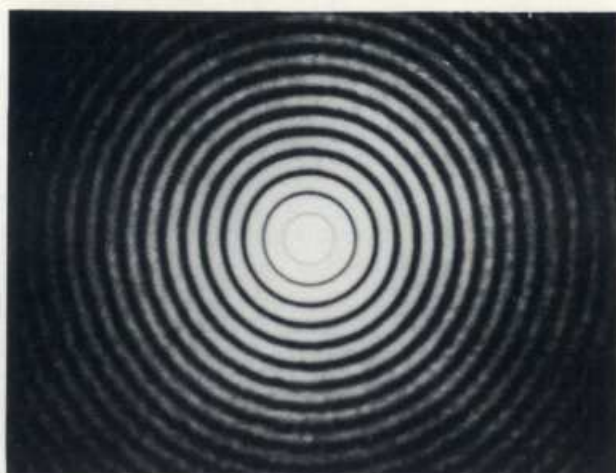


Fig. 4. Buigingspatroon van de opening van trekstenen.

a) Diameter van opening $136 \mu\text{m}$, behoorlijk rond gat.

b) Diameter van opening $50 \mu\text{m}$, enigszins achthoekig gat. (De vergroting van de opnamen (a) en (b) is niet dezelfde.)

reeds lang vermoede feit dat het draad dat door een treksteen getrokken is een iets grotere diameter heeft dan de opening van de treksteen! Is het gat van de treksteen door veelvuldig gebruik niet meer geheel rond, dan is dit onmiddellijk te zien aan onregelmatigheden die in het buigingspatroon optreden (fig. 4b).

[2] A. C. S. van Heel, Inleiding in de optica, Nijhoff, 's-Gravenhage 1958, blz. 83, verg. (132). De vergelijking is door ons aangepast aan het te behandelen probleem.

Samenvatting. Een draad wordt in de lichtbundel van een gaslaser geplaatst die ca. 5 mW straling van $\lambda = 633 \text{ nm}$ levert. Uit het buigingspatroon dat men op een scherm achter de draad krijgt, kan de draaddiameter zonder moeite tot op 0,5% nauwkeurig worden afgeleid. De methode is pas door de laser praktisch mogelijk geworden, daar deze dank zij zijn enorm grote lu-

minantie een $5000 \times$ lichtsterker buigingsbeeld levert dan de beste tot dusver beschikbare lichtbron. Deze meetmethode, die voor zeer dunne draden aanzienlijke voordelen heeft boven de gangbare methodes, is toegepast voor draden van $5 \mu\text{m}$ tot $500 \mu\text{m}$ dikte. Ook de dikte en spoed van spiralen en de diameter van trekstenen kunnen met dezelfde opstelling worden bepaald.

Achter het oor gedragen hoortoestellen

B. de Boer

534.773.2

Van de miniaturisering van actieve en passieve elektronische onderdelen heeft men profijt getrokken om het dragen van een hoortoestel zo onopvallend mogelijk te maken. Een veel geziene oplossing is de hoorbril (het hoortoestel „mit zwei obligaten Augen-gläsern“, om met Beethoven te spreken). Een nog minder zichtbare uitvoering is die waarbij het toestel, in een banaanvormig gebogen vleeskleurig huis, achter het oor wordt gedragen.

Sinds de introductie van het elektronisch hoortoestel in de dertiger jaren heeft de ontwikkeling hiervan in het teken gestaan van het verkleinen der afmetingen. Een belangrijke mijlpaal in deze ontwikkeling was de overgang van miniatuur-radiobuizen naar transistors, nu ruim tien jaar geleden ^[1]. Momenteel is een nieuwe belangrijke verandering gaande, nl. de overgang van schakelingen met afzonderlijke transistors naar de zg. geïntegreerde schakelingen ^[2]. De eerstgenoemde stap heeft de constructie mogelijk gemaakt van toestelletjes die niet meer in de zak worden gedragen doch achter het oor (of die ingebouwd zijn in een bril), door de tweede stap zal in de nabije toekomst een toestel dat geheel en al in het oor wordt ondergebracht te verwezenlijken zijn.

Natuurlijk is de vervanging van het zaktoestel door dergelijke veel kleinere toestelletjes slechts mogelijk geweest doordat parallel met de veranderingen in de actieve elementen van de schakeling ook een aanzienlijke verkleining heeft plaatsgehad van de passieve elementen, zoals weerstanden, condensatoren, microfoons, telefoons en batterijen, terwijl ook ontwikkelingen op mechanisch en technologisch gebied hebben bijgedragen tot de vergevorderde miniaturisatie. We doelen hier vooral op de techniek der gedrukte bedrading, waardoor het o.a. mogelijk is geworden zeer kleine schakelaars te vervaardigen.

De ontwikkeling in de afgelopen tien jaar wordt geïllustreerd door fig. 1, waarin een zaktoestel van 1954 vergeleken wordt met het achter-het-oor-toestel dat sinds mei 1964 bij Philips in produktie is. Gewicht en volume zijn beide met een factor 15 verkleind, terwijl de twee typen bij dezelfde batterijspanning wat betreft akoestische prestaties en instelmogelijkheden geheel gelijkwaardig zijn. In fig. 2 ziet men de belangrijkste onderdelen uit beide toestellen naast elkaar afgebeeld. Het sterkst verkleind is de volumeregelaar,

nl. met een factor 30, terwijl de verkleining van de weerstanden slechts een factor 2 bedraagt, daar deze onderdelen in 1954 al tamelijk klein van afmetingen waren.

In dit artikel zullen we het achter-het-oor-toestel type KL 6710/01 beschrijven en ook in het kort de veranderingen bespreken die in dit toestel zijn aangebracht door toepassing van een geïntegreerde schakeling type OM 200.



Fig. 1. Hoortoestel uit de serie van 1954 (type KL 5500) en het achter-het-oor-toestel van 1964 (type KL 6710); deze toestellen zijn wat betreft regelmogelijkheden en akoestische eigenschappen geheel gelijkwaardig.

Beschrijving van het hoortoestel KL 6710/01

Dat het genoemde toestel achter het oor kan worden gedragen — thans wel de meest onopvallende oplossing voor een hoortoestel — is zowel te danken aan de kleine afmetingen van het toestel als aan het geringe gewicht, van slechts 10 gram. Het is aan deze wijze van dragen aangepast door het onder te brengen in een licht gebogen, vleeskleurig huis.

Het toestel is geschikt voor akoestische versterkingen tot 55 dB. Wenst men nog grotere versterkingen, dan moet men een zaktoestel gebruiken. Dit is b.v. nodig indien geluidsoverdracht via het trommelvlies onmogelijk is en men op beengleiding is aangewezen.

B. de Boer is medewerker van Philips' Hoofdindustrialiegroep Radio-, Grammofoon- en Televisieapparaten, afdeling Hoorapparaten, Eindhoven.

In tegenstelling tot de bij zaktoestellen gebruikelijke methode om de telefoon in het oor te plaatsen, is hier de telefoon in het huis van het toestel opgenomen en wordt het uitgangssignaal langs akoestische weg naar de gehoorgangopening geleid. Dit gebeurt via een aan de bovenzijde van het toestel bevestigd zg. kniestukje, een soepel slangetje van polyvinylchloride en een in de gehoorgangopening geplaatst zg. oorstukje; zie fig. 3. Deze opstelling bevordert de onopvallendheid, daar het oorstukje veel kleiner gemaakt kan worden dan een compleet in het oor geplaatst telefoontje. Verder is er de mogelijkheid om door geschikte keuze van de inwendige afmetingen van het kniestukje de totale akoestische frequentiekenarakteristiek van het hoortoestel te beïnvloeden. Zo is het

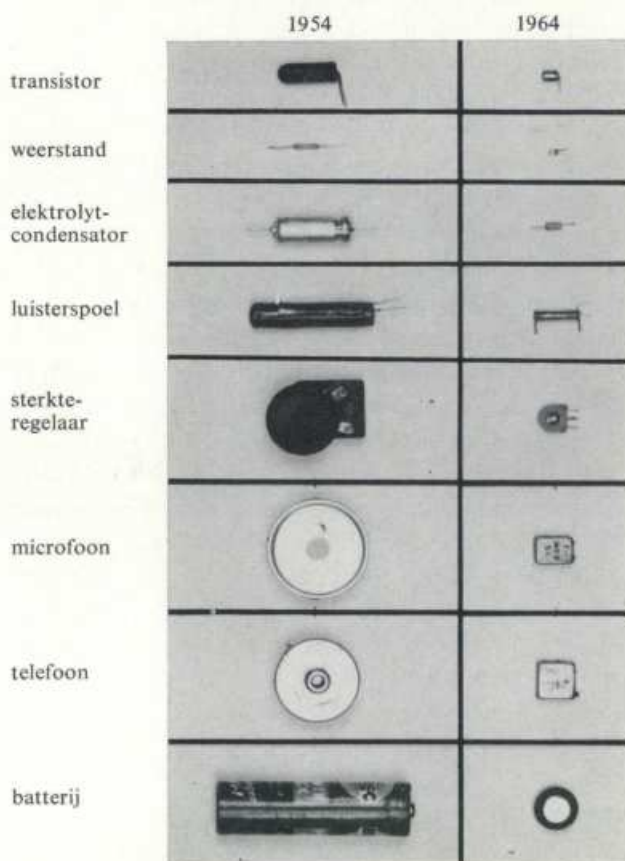


Fig. 2. De belangrijkste onderdelen, links uit het in fig. 1 afgebeelde zaktoestel van 1954, rechts uit het toestel van 1964.

kniestukje leverbaar in drie uitvoeringen, die verschillende plaatselijke vernauwingen bezitten (fig. 4). Het toepassen van verschillende kniestukjes is gelijkwaardig aan het gebruik van verschillende soorten telefoons bij zaktoestellen. Het oorstukje is in diverse „confectie”-vormen te verkrijgen, maar beter is het

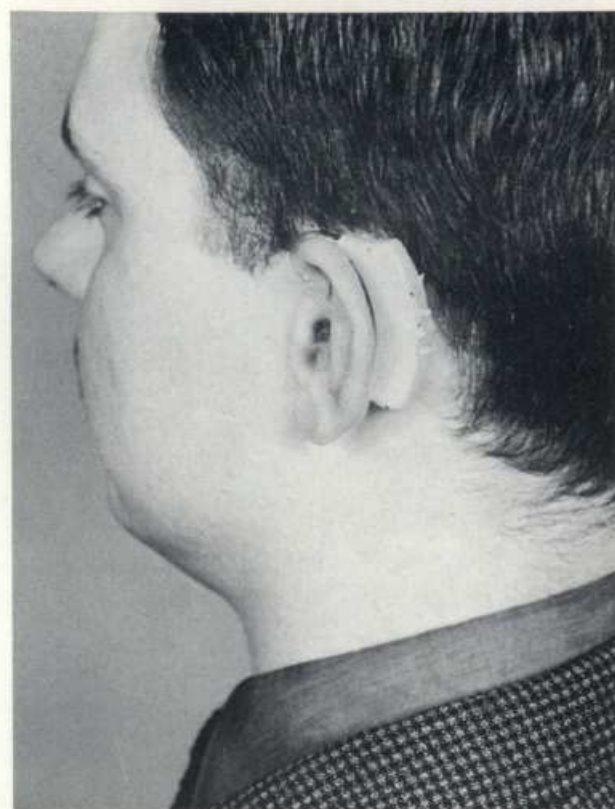


Fig. 3. Het toestel KL 6710, zoals het achter het oor wordt gedragen. Rechts bevinden zich het hefboompje voor het inschakelen van batterij en luisterspoel en het geribbelde knopje voor de volumeregeling.

een individueel aangepast „maat”-oorstukje te gebruiken, dat via een afgietprocédé verkregen wordt. Daar dit laatste oorstukje precies in de gehoorgang past, heeft men hier geen akoestische lek — een belangrijke voorwaarde om rondfluiten tegen te gaan. In fig. 5 zijn enkele oorstukjes afgebeeld, waaronder een individueel aangepast exemplaar.

De microfoon bevindt zich in de onderzijde van het toestel. Het akoestische ingangssignaal wordt via een opening in het huis door een rubber slangetje naar de microfoon geleid. Microfoon en telefoon zijn dus zo ver mogelijk van elkaar in het huis geplaatst en bovendien elastisch opgehangen, — maatregelen die weer genomen zijn om terugkoppeling en daardoor rondfluiten te voorkomen.

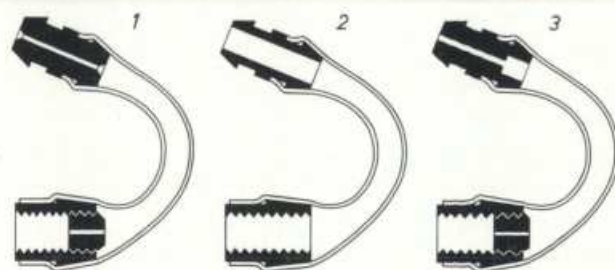


Fig. 4. Doorsneetekeningen van de drie ter keuze beschikbare kniestukjes, ongeveer 2× vergroot weergegeven.

[1] Zie P. Blom en P. Boxman, Een hoortoestel met transistors, Philips techn. T. 19, 133-143, 1957.

[2] Over deze schakelingen zie b.v. een reeks artikelen in Philips techn. T. 27, no. 5/6, 1965/66 (blz. 139-166).



Fig. 5. Enkele oorstukjes, die met het achter-het-oor-toestel gebruikt kunnen worden. Rechts onder ziet men een aan het oor van de gebruiker aangepast exemplaar.

Enige details van het toestel

In fig. 6 is het elektrische schema afgebeeld. Het toestel bevat een viertrapsversterker met vier germaniumtransistors van het *P-N-P*-type. De eerste drie trappen (transistors OC 58) zijn direct gekoppeld, de eindtrap (vermogenstransistor OC 60) is gekoppeld via een condensator.

De elektrische vermogensversterking bij 1,3 V batterijspanning bedraagt 85 dB; deze versterking is uiteraard aanzienlijk groter dan de resulterende akoestische versterking (zie boven), ten gevolge van het beperkte rendement van de tweemaalige elektroakoestische omzetting en de overbrengingsverliezen in de akoestische schakels van de gehele keten. Het stroomverbruik is 2,5 à 3 mA, afhankelijk van de batterijspanning. Als batterij kan men naar keuze gebruiken een kwikcel, een nikkel-cadmium-accumulator of een zilveroxidecel. De zilveroxidecellen geven de grootste versterking, hebben de vlakste ontlaadkarakteristiek en zijn minder temperatuurafhankelijk, maar iets duurder in het gebruik dan de andere cellen. De nikkel-cadmium-accumulator heeft de geringste capaciteit. Dit is evenwel geen bezwaar, daar deze geregeld kan worden geladen, waarvoor een speciaal laadtoestel is ontwikkeld.

De elektromagnetische telefoon is direct in de collectorketen van de eindtransistor opgenomen. Met behulp van een schakelaar (SK_2) kunnen naar keuze nog de weerstanden R_2 of $R_2 + R_1$ in de collectorketen van de eindtransistor worden opgenomen. Hierdoor kan het maximale uitgangsvermogen van de eindtrap,

dat 0,6 mW bedraagt bij 1,3 V batterijspanning, verminderd worden met respectievelijk 6 en 12 dB. Dit biedt de mogelijkheid om overschrijden van de pijngrens te voorkomen, wat vooral voor zg. regressiedoven met een verlaagde pijngrens van belang is^[3]. De schakelaar kan via een opening in het huis van het toestel door middel van een miniatuurschroevendraaier door audioloog, arts of handelaar worden ingesteld.

De elektromagnetische microfoon bevindt zich direct in de ingangsketen van de eerste transistor. Met behulp van de schakelaar SK_1 kan worden overgeschakeld op een luisterspoel (LS), die gebruikt kan worden bij het telefoneren (eliminieren van omgevingsgeluiden) en bij inductieve geluidsoverbrenging in zalen door middel van ringleidingen. De gebruiker kan de schakelaar zelf bedienen met het in fig. 3 zichtbare hefboompje. Dit bezit drie standen en bedient twee elektrisch gescheiden schakelaars (in fig. 6 als SK_{1A} en SK_{1B} aangegeven), waarmee men ook de batterijen kan uitschakelen. Door bij het vervaardigen van de schakelaar gebruik te maken van de techniek der gedrukte bedrading, is de totale dikte van de schakelaar beperkt tot 1,2 mm.

De toonschakelaar SK_3 , die op dezelfde manier als SK_2 kan worden ingesteld, maakt keuze mogelijk uit drie toonregelingen, namelijk laag afgesneden, normaal en hoog afgesneden. In combinatie met de drie kniestukjes zijn dus in totaal negen verschillende frequentiekaracteristieken te verwezenlijken.

De schakeling met directe koppeling van de drie voorversterktrappen is speciaal ontwikkeld voor toepassing in hoorapparaten en heeft het voordeel dat condensatoren en weerstanden die normaal voor het koppelen van versterktrappen worden gebruikt, worden uitgespaard. Tevens wordt hierdoor bewerkstelligd dat de versterking weinig als functie van de temperatuur verloopt, wat door fig. 7 wordt geïllus-

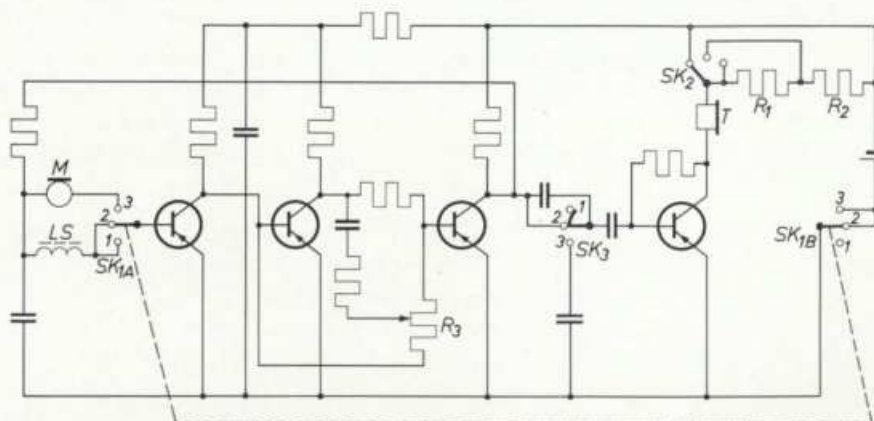


Fig. 6. Schakeling van het toestel KL 6710/01. M microfoon. LS luisterspoel. T telefoon. SK_{1A} en SK_{1B} vormen een gecombineerde schakelaar: in stand 1 is het toestel uitgeschakeld, in stand 2 is de luisterspoel en in stand 3 is de microfoon ingeschakeld. SK_2 is een verzwakkingsschakelaar, SK_3 een toonschakelaar: stand 1 laag afgesneden, stand 2 normaal, stand 3 hoog afgesneden. R_3 geluidssterteregelaar.

treerd. Bij de directe koppeling ontleent iedere transistor zijn basisgelijkspanning aan de collectorspanning van de voorgaande, terwijl die van de eerste transistor van de voorversterker afkomstig is van de collectorspanning van de laatste.

Het was hier niet mogelijk de normale potentiometer-schakeling voor de volumeregeling toe te passen, daar dan de gelijkstroominstelling van de transistors door de geluidsterkteregeling beïnvloed zou worden. Er is daarom een iets gecompliceerder schakeling toegepast, waarbij de potentiometer R_3 als geluidsterkteregelaar fungeert in een RC-netwerk tussen de tweede en de derde trap. Variatie van R_3 veroorzaakt naast verandering van de wisselstroomweerstand tussen de tweede en derde transistor ook verandering in de mate van terugkoppeling tussen collector en basis van de tweede transistor. Deze twee effecten versterken elkaar en maken de volumeregeling zeer effectief. Het geribbelde knopje van de geluidsterkteregelaar is in fig. 3 zichtbaar. Over driekwart van de draaiingshoek neemt de versterking vanaf de maximumwaarde gelijkmatig 30 dB af, terwijl over het laatste gedeelte van de slag de versterking nog eens 30 dB afneemt.

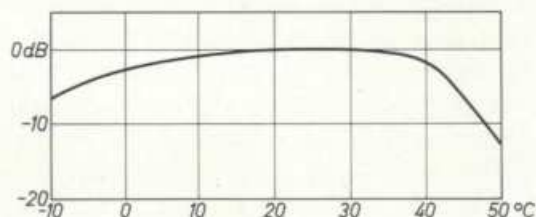


Fig. 7. De relatieve versterking als functie van de temperatuur, ten opzichte van de versterking bij 25 °C, voor het toestel KL 6710/01.

De versterker is gemonteerd op twee hardpapiermontageplaten met gedrukte bedrading. Op één der plaatjes is tevens de microfoon, de telefoon en het batterijcompartiment met de volumeregelaar gemonteerd, zie fig. 8. Het huis bestaat uit twee op elkaar geschroefde helften, waartussen de batterijhouder scharniert door middel van twee daarop aangebrachte nokjes.

De microfoon bezit een gebalanceerd magnetisch systeem. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een magnetische „brug van Wheatstone”, waarvan de „spanningsbron” gevormd wordt door een kleine permanente magneet en twee der „weerstandstakken” door luchtspleten. De grootte van deze luchtspleten is zodanig afhankelijk van de stand van het membraan van de microfoon dat trillingen van het membraan de brug uit zijn evenwicht brengen. Hierdoor ontstaat een wisselende magnetische flux in de „galvanometer”-tak van de brug, die gevormd wordt door het anker van de microfoon. De wisselende magnetische flux induceert een wisselspanning in een om het anker geplaatst

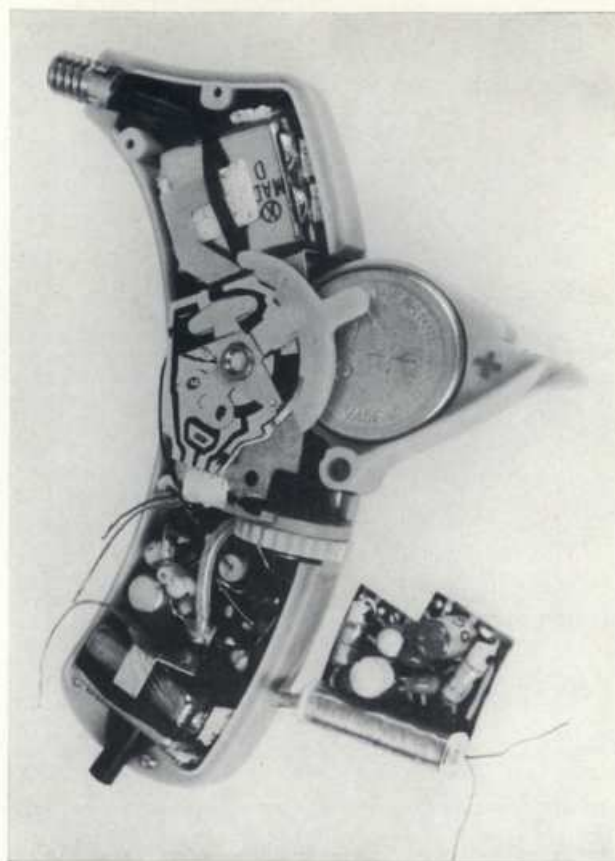


Fig. 8. Het inwendige van het toestel KL 6710/01.

spoeltje. Ondanks de geringe afmetingen is de gevoeligheid nog 0,22 mV/ μ bar^[4] bij 1000 Hz, terwijl een bevredigende karakteristiek is verkregen, zie fig. 9. Het huis van de microfoon is vervaardigd van mumetaal, waardoor een goede afscherming wordt verkregen tegen storing door uitwendige magnetische velden.

De telefoon bezit eveneens een gebalanceerd magnetisch systeem. De afmetingen zijn iets groter dan die van de microfoon, terwijl het huis weer is vervaardigd van mumetaal. Bij een ingangssignaal van 1 mVA bij 1000 Hz levert de telefoon een geluidsdruksignaal van 123 dB boven het gebruikelijke referentieniveau van 2×10^{-4} μ bar (ongeveer de gehoordrempel, terwijl 123 dB bij 1000 Hz in de buurt van de pijngrens ligt). De telefoon wordt voor de meting hiervan via een slangetje van 75 mm lengte verbonden met een gestandaardiseerd kunstoor met een luchtinhoud van 2 cm³, dat de eigenschappen van het menselijk oor wat betreft akoestische belasting in het frequentiegebied van de spraak goed benadert. De frequentiekarakteristiek van de telefoon is afgebeeld in fig. 10.

De totale akoestische karakteristiek van een compleet hoortoestel wordt, daar de frequentiekarakte-

^[3] Zie P. Blom, Een elektronisch hoortoestel, Philips techn. T. 15, 37-48, 1953.

^[4] 1 μ bar komt overeen met 10^{-1} N/m² (ongeveer 10^{-6} kgf/cm²).



Fig. 9. De frequentie karakteristiek van de microfoon, bij belasting met $5000\ \Omega$. Uitgezet is het niveau van het uitgangssignaal (in dB ten opzichte van het nulniveau, van 1 V) dat verkregen wordt met een ingangssignaal van $1\ \mu\text{bar}$.



Fig. 10. De frequentie karakteristiek van de telefoon, bij akoestische belasting door een kunstoor met een luchthoud van $2\ \text{cm}^3$. Uitgezet is het niveau van het uitgangssignaal (in dB ten opzichte van het gebruikelijke referentieniveau, van geluidsdruk $2 \times 10^{-4}\ \mu\text{bar}$) dat verkregen wordt met een ingangssignaal van $1,5\ \text{mA}$ wisselstroom.

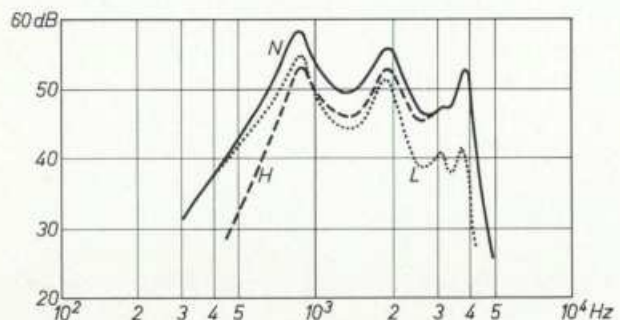


Fig. 11. De drie totale frequentie karakteristieken van het toestel KL 6710/01, bij gebruik van het kniestukje no. 2 en met de toonregelaar SK_3 in de standen „normaal” N, „hoog” H en „laag” L. Uitgezet is de akoestische versterking bij een ingangssignaalniveau van 50 dB boven het referentieniveau ($2 \times 10^{-4}\ \mu\text{bar}$).

ristiek van de versterker nagenoeg recht is, in belangrijke mate bepaald door die van telefoon en microfoon en is daarom ongeveer gelijk aan de som van beide. De drie resulterende karakteristieken die corresponderen met de drie standen van de toonschakelaar zijn voor het kniestukje no. 2 afgebeeld in fig. 11.

Er is op gewezen dat de pijngrens van het oor van de gebruiker nooit mag worden overschreden. In fig. 12 is het maximaal optredende uitgangssignaal van het toestel als functie van de frequentie weergegeven. Deze kromme is opgenomen door bij verschillende frequen-

ties het ingangssignaal zover op te voeren totdat het uitgangssignaal niet meer toeneemt. De grootte van dit uitgangssignaal (in dB ten opzichte van het referentieniveau van $2 \times 10^{-4}\ \mu\text{bar}$) levert de punten waaruit de kromme is samengesteld. Door deze kromme te vergelijken met die welke de pijngrens van de gebruiker aangeeft, kan men opmaken of verzwakking met behulp van de schakelaar SK_2 in fig. 6 nodig zal zijn.

De toepassing van een geïntegreerde schakeling

Behalve het beschreven toestel is thans een analoog toestel in productie genomen (type KL 6710/11) waarbij de eerste drie versterktrappen met *P-N-P*-germaniumtransistors zijn vervangen door een geïntegreerde schakeling op silicium (type OM 200).

Mechanisch zijn de beide toestellen nagenoeg gelijk, en ook elektrisch vertonen ze veel overeenkomst, wat blijkt als men de schema's van fig. 6 en fig. 13 vergelijkt. Op het siliciumsubstraat van de schakeling OM 200, dat een oppervlakte van $0,75 \times 0,75\ \text{mm}^2$ heeft, zijn drie *N-P-N*-transistors en twee weerstanden aangebracht, die verbonden zijn tot een versterker met drie trappen, die weer direct zijn gekoppeld. De volumeregeling echter is op andere wijze uitgevoerd dan in fig. 6, aangezien de collector van de tweede versterktrap door het gebruik van de geïntegreerde schakeling onbereikbaar is geworden. Verder ontstaat er door de toepassing van een geïntegreerde schakeling een grotere neiging tot instabiliteit ten gevolge van capacitieve koppelingen; deze is onderdrukt door het aanbrengen van afschermingen.

Het siliciumkristal is ingebouwd in een kunststoffen omhulsel van $2,8 \times 2,8 \times 1,1\ \text{mm}^3$, dat voorzien is van vier aansluitstrippen.

De geïntegreerde schakeling vervangt behalve de drie transistors ook drie weerstanden, terwijl één elektrolytische condensator is toegevoegd^[5], zodat het aantal onderdelen met vier is verminderd. Het

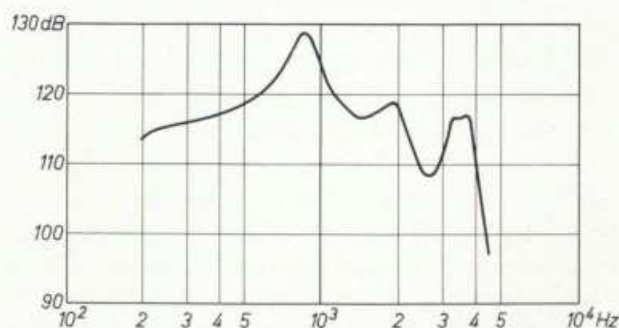


Fig. 12. Het maximale uitgangssignaal van het toestel KL 6710/01 als functie van de frequentie, bij gebruik van kniestukje no. 2 en met de toonregelaar in de stand „normaal”. Uitgezet is het uitgangssignaalniveau (in dB ten opzichte van het referentieniveau $2 \times 10^{-4}\ \mu\text{bar}$), terwijl het ingangssignaal telkens is opgevoerd totdat geen verandering van het uitgangssignaal meer optreedt.

volume aan onderdelen is hierdoor met ongeveer 90 mm³ afgenomen. Bij een totaal volume van het hoortoestel van 6500 mm³ is deze ruimtewinst niet erg spectaculair. Het grote voordeel van het toepassen van een geïntegreerde schakeling bij hoortoestellen ligt dan ook voorlopig niet hierin doch veeleer in het kleinere aantal soldeerverbindingen, waardoor een grotere betrouwbaarheid en een langere levensduur (en overigens ook nog een extra-ruimtewinst) is verkregen. Tevens is een snellere en gemakkelijkere montage met minder fouten, eenvoudiger storing zoeken

en beschikt men o.a. over een telefoon die kleiner is dan de diameter van de gehoorgang, dan kan een „in-het-oor-toestel” worden geconstrueerd, dat het dragen van een hoortoestel nog minder opvallend zal maken. Hierbij zullen echter wel enkele concessies gedaan moeten worden wat betreft versterking (van 4-traps naar 3-traps), batterijkosten (kleinere en daardoor duurdere batterijen) en variatiemogelijkheden (de toonregeling, de begrenzing en de luisterspoel zullen moeten vervallen). Globaal gezien, zullen voorlopig de in-het-oor-toestellen toepasbaar zijn voor akoes-

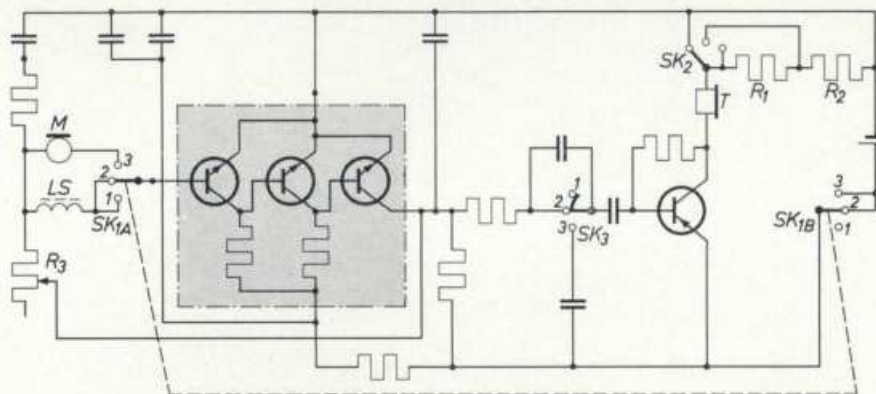


Fig. 13. Schakeling van het toestel KL 6710/11. Voor verklaring der aanduidingen, zie fig. 6. De drie transistors van de voorversterker maken hier deel uit van een geïntegreerde schakeling (OM200), die in grijze tint is aangegeven.

en betere reparatie mogelijk. Bovendien brengt het gebruik van siliciumtransistors in plaats van germaniumtransistors nog de bijkomende voordelen met zich mee van minder ruis, tot 13 % lager batterijverbruik en nog minder variatie van de versterking als functie van de temperatuur (zie fig. 14).

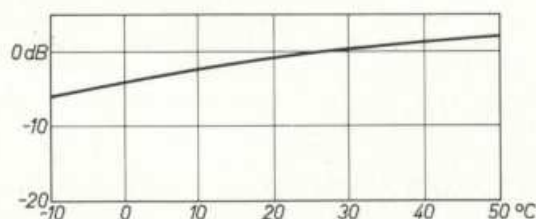


Fig. 14. De relatieve versterking als functie van de temperatuur ten opzichte van de versterking bij 25 °C, voor het toestel KL 6710/11.

Slotbeschouwing

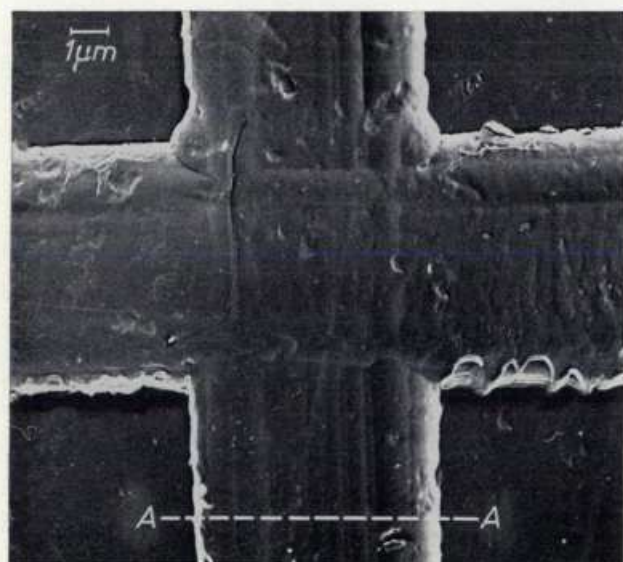
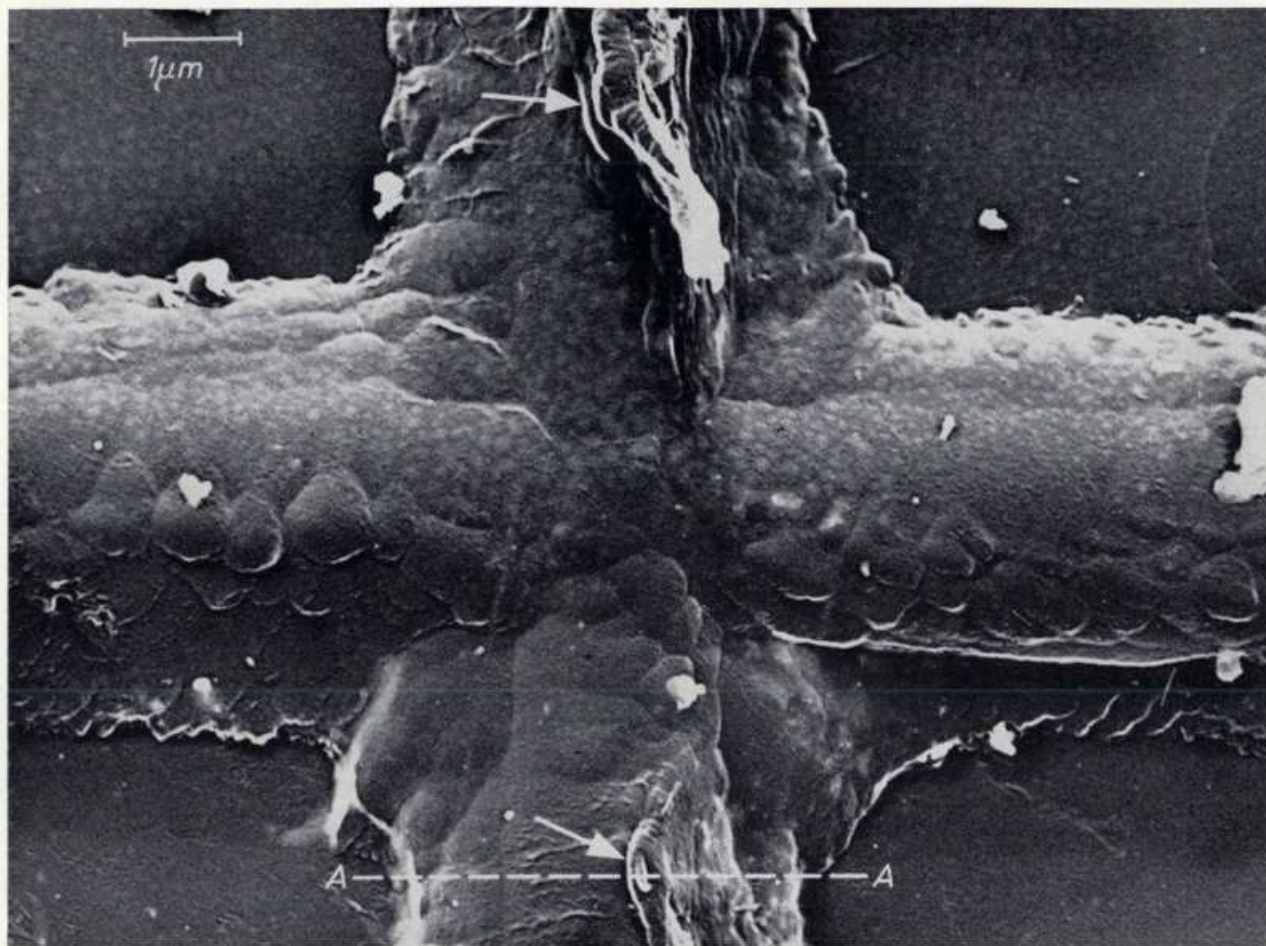
Door toepassing van geïntegreerde schakelingen is een nieuwe fase ingeluid bij de voortgaande miniaturisering der hoortoestellen. Deze toepassing is een stimulans voor een verdere verkleining der andere onderdelen van het hoortoestel, als microfoon, telefoon en batterij. Is deze verkleining voldoende ver gevorderd

en beschikt men o.a. over een telefoon die kleiner is dan de diameter van de gehoorgang, dan kan een „in-het-oor-toestel” worden geconstrueerd, dat het dragen van een hoortoestel nog minder opvallend zal maken. Hierbij zullen echter wel enkele concessies gedaan moeten worden wat betreft versterking (van 4-traps naar 3-traps), batterijkosten (kleinere en daardoor duurdere batterijen) en variatiemogelijkheden (de toonregeling, de begrenzing en de luisterspoel zullen moeten vervallen). Globaal gezien, zullen voorlopig de in-het-oor-toestellen toepasbaar zijn voor akoes-

^[5] In feite zijn twee condensatoren parallelgeschakeld om de juiste waarde van de capaciteit te verkrijgen. In principe had men echter met één condensator kunnen volstaan.

Samenvatting. De overgang van buizen naar transistors en de verkleining van overige elektronische onderdelen hebben het mogelijk gemaakt hoortoestellen, aanzienlijk kleiner dan de voordien gebruikelijke zaktoestellen, te verwezenlijken. Het hoortoestel KL 6710/01 is zodanig geconstrueerd dat het achter het oor kan worden gedragen, waarmee wel de hoogste op dit ogenblik bereikbare mate van onopvallendheid is verkregen. De schakeling en de eigenschappen van dit toestel worden hier beschreven. Tevens worden de voordelen nagegaan die men krijgt als men in dit toestel de eerste drie versterktrappen met conventionele transistors vervangt door een geïntegreerde schakeling. Zolang men nog niet aan het „in-het-oor-toestel” toe is — waarvoor het telefoontje en andere onderdelen nog kleiner zullen moeten worden —, is de ruimtewinst niet het hoofdargument voor de genoemde vervanging, doch de grotere betrouwbaarheid. Voor de nabije toekomst kan men verwachten dat ook in-het-oor-toestellen beschikbaar zullen komen; wegens de te verwachten relatief geringe akoestische versterking van zulke toestellen (b.v. 40 dB) zullen daarnaast de achter-het-oor-toestellen en zelfs de zaktoestellen een toepassingsgebied voor de gevallen van sterkere gehoordefecten behouden.

Etsgroeven in rasterplaten



In opneembuizen voor televisie worden voor het homogeniseren van het elektrostatisch veld nabij de lichtgevoelige laag zeer fijne kopergaasjes gebruikt: de afmetingen van de (ovale) draaddoorsnede zijn enkele microns en het aantal mazen per mm^2 is 900. Deze gaasjes worden vervaardigd door koper neer te slaan in groeven die in een glazen rasterplaat zijn geëtst. Soms kan men de gaasjes moeilijk van de rasterplaat losmaken. Om de oorzaak hiervan op te sporen, zijn verschillende glasplaten elektronenmicroscopisch onderzocht. Daaruit is gebleken dat sommige groeven een ondersnijding vertonen, waarin de draden blijven haken; het slechte loslaten had dus een mechanische oorzaak. De hier gereproduceerde foto's geven een beeld van het kruispunt van twee groeven van een goede glasplaat (b) en van een slechte (a). De pijlen op foto (a) duiden de plaatsen aan waar de groef kennelijk ondersneden is: de methacrylaat-koolstofreplica, waarvan de elektronenmicrofoto is gemaakt, onderging hier bij het losmaken een soortgelijke beschadiging als in het praktische geval het gaasje. Onder elke foto is geschetst hoe het profiel van de groef in een aangegeven doorsnede (A-A) er vermoedelijk uitziet.

Recente wetenschappelijke publikaties

Deze publikaties zijn afkomstig van medewerkers van laboratoria en fabrieken, behorende tot of samenwerkende met ondernemingen van het Philipsconcern, in het bijzonder van medewerkers van de navolgende research-laboratoria:

Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven	<i>E</i>
Mullard Research Laboratories, Redhill (Surrey), Engeland	<i>M</i>
Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée, Limeil-Brévannes (S.O.), Frankrijk	<i>L</i>
Philips Zentrallaboratorium GmbH, Laboratorium Aken, Weisshausstrasse, 51 Aachen, Duitsland	<i>A</i>
Philips Zentrallaboratorium GmbH, Laboratorium Hamburg, Vogt-Kölln-Strasse 30, 2 Hamburg-Stellingen, Duitsland	<i>H</i>
MBLE Laboratoire de Recherche, 2 avenue Van Becelaere, Brussel 17 (Boitsfort), België.	<i>B</i>

Van de meeste dezer publikaties zullen binnenkort overdrukken beschikbaar zijn. Men kan deze aanvragen bij het betrokken laboratorium (zie de codeletter) of bij de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

- W. Albers en A. C. Aten:** The preparation of single-phase single crystals of zinc telluride.
Philips Res. Repts. **20**, 556-561, 1965 (no. 5). *E*
- G. Arlt:** Piezoelectricity in highly conducting semiconductors.
J. appl. Phys. **36**, 2317, 1965 (no. 7). *A*
- A. Baelde:** Theory and experiments on the noise of transistors.
Dissertatie Delft, okt. 1964. *E*
- P. Beekenkamp:** The influence of the coordination number of boron on the properties of alkali borate glasses.
Physics of non-crystalline solids, Proc. int. Conf. Delft 1964, blz. 512-524, North-Holland Publ. Co., Amsterdam 1965. *E*
- H. G. Beljers:** Resonance linewidth and spinwave absorption near the Curie temperature of a Ni-Zn ferrite and of yttrium iron garnet.
Physics Letters **18**, 248-249, 1965 (no. 3). *E*
- H. J. van den Berg:** A new technique for obtaining thin lipid films separating two aqueous media.
J. mol. Biol. **12**, 290-291, 1965 (no. 1). *E*
- G. Blasse:** Magnetic properties of mixed metal oxides containing trivalent cobalt.
J. appl. Phys. **36**, 879-883, 1965 (no. 3^{II}). *E*
- G. Blasse:** Ferromagnetism and a new type of ferromagnetism in oxygen spinels.
Solid State Comm. **3**, 67-69, 1965 (no. 4). *E*
- G. Blasse:** New compounds with perovskite-like structures.
J. inorg. nucl. Chem. **27**, 993-1003, 1965 (no. 5). *E*
- G. Blasse:** The ternary system $\text{Li}_3(\text{Nb}, \text{Sb}, \text{Ta})\text{O}_4$.
J. inorg. nucl. Chem. **27**, 2117-2119, 1965 (no. 9). *E*
- G. Blasse:** Magnetic properties of some oxides with spinel structure.
Philips Res. Repts. **20**, 528-555, 1965 (no. 5). *E*
- W. Bongenaar en N. C. de Troye:** Worst-case considerations in designing logical circuits.
IEEE Trans. on electronic computers **EC-14**, 590-599, 1965 (no. 4). *E*
- P. F. Bongers:** Anisotropy of the electrical conductivity of VO_2 single crystals.
Solid State Comm. **3**, 275-277, 1965 (no. 9). *E*
- M. Borot:** Luminescence de l'arséniure de gallium sous bombardement cathodique.
J. Physique, Suppl. Phys. appl., **26**, 115 A - 118 A, 1965 (no. 3). *L*
- G.-A. Boutry, J. J. Brissot, R. Legoux, J. Périllhou en G. Pietri:** Un tube convertisseur d'image pour l'infrarouge moyen „le Serval”.
Philips Res. Repts. **20**, 684-706, 1965 (no. 6). *L*
- A. Bril, W. L. Wanmaker en J. Broos:** Photoluminescent properties of some europium-activated gadolinium and yttrium compounds.
J. chem. Phys. **43**, 311, 1965 (no. 1). *E*
- J. van den Broek:** Contact barriers in red lead monoxide.
Philips Res. Repts. **20**, 674-683, 1965 (no. 6). *E*
- P. H. Broerse:** Camerabuizen.
Ned. T. Natuurk. **30**, 409-419, 1964 (no. 12). *E*
- J. Burmeister:** Schmelzen von Zinkoxyd durch Hochfrequenzheizung.
Phys. Stat. sol. **10**, K1-K2, 1965 (no. 1). *A*
- H. B. G. Casimir:** Resistance of type II superconductors in the mixed state.
Physics Letters **17**, 177-178, 1965 (no. 3). *E*

- A. Claassen en L. Bastings:** Potentiometric determination of vanadium in iron and steel containing chromium and tungsten.
Z. anal. Chemie **202**, 241-250, 1964 (no. 4). *E*
- B. H. Clarke:** Ferrimagnetic resonance linewidth in rare-earth-doped YIG at low temperatures.
J. appl. Phys. **36**, 1211-1212, 1965 (no. 3^u). *M*
- E. H. P. Cordfunke en A. A. van der Giessen:** Texture and reactivity of uranium oxides.
Reactivity of solids, 5th Int. Symp., München 1964, blz. 456-466, Elsevier, Amsterdam 1965. *E*
- P. Cornelius, W. de Groot en R. Vermeulen:** Quantity equations, rationalization and change of number of fundamental quantities, I.
Appl. sci. Res. B **12**, 1-17, 1965 (no. 1). *E*
- J. A. Cundall en A. P. King:** An investigation of the anisotropy distribution in polycrystalline nickel-iron films by intermediate and low field torque measurements.
Proc. int. Conf. on Magnetism, Nottingham 1964, blz. 847-851, uitg. Inst. Phys./Phys. Soc., Londen. *M*
- H. J. van Daal:** Mobility of charge carriers in silicon carbide.
Dissertatie Amsterdam, dec. 1964. *E*
- C. Ducot, J. Cayzac en R. Astor:** La modulation d'amplitude à porteuse supprimée dans les liaisons hertziennes à grande distance.
Onde électr. **45**, 179-194, 1965 (no. 455). *L*
- S. Duinker:** Forschung und Entwicklung in der Industrie.
Elektronik in unserer Welt, okt. 1964. *H*
- G. Engelsma en G. Meijer:** The influence of light of different spectral regions on the synthesis of phenolic compounds in gherkin seedlings in relation to photomorphogenesis, I. Biosynthesis of phenolic compounds, II. Indoleacetic acid oxidase activity and growth.
Acta bot. neerl. **14**, 54-72 en 73-92, 1965 (no. 1). *E*
- B. A. Evans:** A linear ratemeter for crystal pulling.
J. sci. Instr. **42**, 153-155, 1965 (no. 3). *M*
- R. Evrard en C. Gazier:** Propriétés statistiques de certains photomultiplicateurs (56 AVP et XP 1020).
J. Physique, Suppl. Phys. appl., **26**, 37 A - 48 A, 1965 (no. 1). *L*
- P. Gerthsen, R. Groth en K. H. Härdtl:** Halbleitereigenschaften des BaTiO₃ im Polaronenbild.
Phys. Stat. sol. **11**, 303-311, 1965 (no. 1). *A*
- P. Gerthsen, R. Groth, K. H. Härdtl, D. Heese en H. G. Reik:** The small polaron problem and optical effects in barium titanate.
Solid State Comm. **3**, 165-168, 1965 (no. 8). *A*
- P. Gerthsen en E. Kauer:** The luminescence diode acting as a heat pump.
Physics Letters **17**, 255-256, 1965 (no. 3). *A*
- P. Gerthsen en F. Kettel:** Messung der Wärmeleitfähigkeit von Gasen in rotierender Zylinderanordnung.
Z. angew. Phys. **19**, 378-380, 1965 (no. 4). *A*
- J. A. Geurst:** Calculation of high-frequency characteristics of field-effect transistors.
Solid-State Electronics **8**, 563-566, 1965 (no. 6). *E*
- J. A. Geurst:** Theoretical analysis of the influence of track width on the harmonic response of magnetic reproducing heads.
Philips Res. Repts. **20**, 633-657, 1965 (no. 5). *E*
- J. A. Geurst en H. J. C. A. Nunnink:** Numerical data on the high-frequency characteristics of thin-film transistors.
Solid-State Electronics **8**, 769-771, 1965 (no. 9). *E*
- H. C. de Graaff:** Relation between channel conductance and characteristics of thin-film transistors.
Solid-State Electronics **8**, 835-837, 1965 (no. 10). *E*
- H. Groendijk, M. T. Vlaardingerbroek en K. R. U. Weimer:** Waves in cylindrical beam-plasma systems immersed in a longitudinal magnetic field.
Philips Res. Repts. **20**, 485-504, 1965 (no. 5). *E*
- H. L. Günther en G. Hötzl:** Dehnungsmeßstreifen aus Silizium.
Z. Instrumentenk. **73**, 13-14, 1965 (no. 1). *H*
- C. Haas:** Phase transitions in crystals with the spinel structure.
J. Phys. Chem. Solids **26**, 1225-1232, 1965 (no. 8). *E*
- W. van Haeringen:** Perturbation approach to the polaron self-energy in the intermediate coupling range.
Phys. Rev. **137**, A 1902 - A 1909, 1965 (no. 6A). *E*
- F. W. Harrison, J. F. A. Thompson en G. K. Lang:** Single-crystal magnetization data for anisotropic rare-earth iron garnets at low temperatures.
J. appl. Phys. **36**, 1014-1015, 1965 (no. 3^u). *M*
- F. W. Harrison, J. F. A. Thompson en K. Tweedale:** Single crystal magnetization data for rare earth iron garnets below room temperature.
Proc. int. Conf. on Magnetism, Nottingham 1964, blz. 664-665, uitg. Inst. Phys./Phys. Soc., Londen. *M*
- P. A. H. Hart:** The internal noise of a transverse wave electron beam.
Tubes pour hyperfréquences, Trav. 5e Congrès int., Parijs 1964, blz. 29-31. *E*
- H. U. Harten:** Die Grenzfläche Halbleiter-Elektrolyt. Festkörperprobleme III, 81-123, Vieweg, Brunswijk 1964. *H*
- H. Henkes:** Some remarks on a paper of G. Kohlstrung.
Phys. Stat. sol. **9**, K 105 - K 107, 1965 (no. 2). *E*
- W. Hondius Boldingh:** Quality and choice of Potter Bucky grids, VII. The influence of a grid on the integral absorbed dose.
Acta radiol., Diagnosis **3**, 475-480, 1965 (no. 5). *E*
- F. N. Hooge, H. Kalter en A. M. H. Hoppenbrouwers:** Influence of pulse duration on the spectra of GaAs lasers above threshold.
Physics Letters **17**, 254-255, 1965 (no. 3). *E*

- J. Hornstra:** Dynamic properties of grain boundaries. *Science of Ceramics 2* (Proc. Conf. Noordwijk aan Zee 1963), 191-202, Academic Press, Londen 1965. *E*
- H. J. Hubers:** Thermal stresses at glass-to-metal seals. Symp. on the contact of hot glass with metal, Scheveningen 1964, blz. 785-806.
- B. B. van Iperen en H. J. C. A. Nunnink:** The velocity-modulated electron beam as a harmonics generator for millimeter and submillimeter waves. *Tubes pour hyperfréquences, Trav. 5e Congrès int., Parijs 1964*, blz. 124-129. *E*
- G. H. Jonker, J. T. Klomp en Th. P. J. Botden:** High-temperature seals on pure dense alumina. *Science of Ceramics 2* (Proc. Conf. Noordwijk aan Zee 1963), 295-302, Academic Press, Londen 1965. *E*
- L. Kapel en J. H. Kroon:** Glass on metals and metallic oxides: wettability phenomena. Symp. on the contact of hot glass with metal, Scheveningen 1964, blz. 739-762.
- S. R. de Kloet:** Accumulation of RNA with a DNA-like base composition in *Saccharomyces carlsbergensis* in the presence of cycloheximide. *Biochem. biophys. Res. Comm.* **19**, 582-586, 1965 (no. 5). *E*
- H. Klotz:** Chemischer Transport von Lanthanhexaborid. *Naturwiss.* **52**, 451-452, 1965 (no. 15). *A*
- J. E. Knowles:** Induced uniaxial anisotropy in magnetite at room temperatures. *Proc. int. Conf. on Magnetism, Nottingham 1964*, blz. 619-622, uitg. Inst. Phys./Phys. Soc., Londen. *M*
- E. Kooi:** Effects of low-temperature heat treatments on the surface properties of oxidized silicon. *Philips Res. Repts.* **20**, 578-594, 1965 (no. 5). *E*
- E. Kooi:** Effects of ionizing irradiations on the properties of oxide-covered silicon surfaces. *Philips Res. Repts.* **20**, 595-619, 1965 (no. 5). *E*
- C. Kramer:** A low-frequency pseudo-random noise generator. *Electronic Engng.* **37**, 465-467, 1965 (no. 449). *E*
- J. Krugers en O. Reifenschweiler:** Activation analysis. *Practical instrumental analysis*, blz. 117-129, Elsevier, Amsterdam 1965. *E*
- W. Kwestroo en A. Huizing:** The preparation of ultra pure lead oxide. *J. inorg. nucl. Chem.* **27**, 1951-1954, 1965 (no. 9). *E*
- W. Kwestroo en J. Visser:** The ultrapurification of hydrofluoric acid. *Analyst (J. Soc. Anal. Chem.)* **90**, 297-298, 1965 (no. 1070). *E*
- M. A. R. LeBlanc, W. F. Druyvesteyn en C. T. M. Chang:** Behaviour of the magnetization of hard superconductors with transport current in transverse fields, I. *Appl. Phys. Letters* **6**, 189-191, 1965 (no. 9). *E*
- B. Lopes Cardozo:** Adjusting the method of adjustment: SD vs DL. *J. Acoust. Soc. Amer.* **37**, 786-792, 1965 (no. 5). *E*
- J.-P. Mathieu:** On damped vibration theory. *Int. J. mech. Sci.* **7**, 173-182, 1965 (no. 3). *B*
- B. J. Mulder:** Photoconductivity spectra of stable and metastable single-crystals of perylene. *Rec. Trav. chim. Pays-Bas* **84**, 713-728, 1965 (no. 6). *E*
- E. A. Muyderman:** Construeren met spiraallagers. *Polytechn. T. A* **20**, 154 A - 166 A, 1965 (no. 4). *E*
- M. Noé:** Sur le problème d'approvisionnement des centrales thermiques. *Rev. belge Stat. Rech. Opérat.* **5**, no. 3, 15-24, 1965. *B*
- J. Nussli:** Possibilités d'utilisation des photomultiplicateurs comme détecteurs de lumière modulée et amplificateurs à large bande en détection directe et hétérodyne. *J. Physique, Suppl. Phys. appl.*, **26**, 113 A - 114 A, 1965 (no. 3). *L*
- G. W. van Oosterhout en J. Visser:** The determination of active oxygen and iron(II) in oxide compounds. *Anal. Chim. Acta* **33**, 330-332, 1965 (no. 3). *E*
- D. J. van Ooijen en G. J. van Gorp:** Measurement of noise in the resistive state of type II superconductors. *Physics Letters* **17**, 230-231, 1965 (no. 3). *E*
- G. J. Oudemans:** Compaction of dry ceramic powders. *Science of Ceramics 2* (Proc. Conf. Noordwijk aan Zee 1963), 133-146, Academic Press, Londen 1965. *E*
- O. Reifenschweiler:** Fortschritte in der Entwicklung einfacher Neutronengeneratoren. *Z. Instrumentenk.* **73**, 197-204, 1965 (no. 8). *E*
- P. Reijnen:** Investigations into solid state reactions and equilibria in the system $\text{MgO-FeO-Fe}_2\text{O}_3$. *Reactivity of solids, 5th Int. Symp., München 1964*, blz. 562-571, Elsevier, Amsterdam 1965. *E*
- P. Reijnen:** Het evenwicht tussen ferrieten met spinelstructuur en zuurstof. *Klei en Keramiek* **15**, 127-132, 1965 (no. 5). *E*
- F. C. de Ronde:** A precise and sensitive X-band reflectometer providing automatic full-band display of reflection coefficient. *IEEE Trans. on microwave theory and techniques MTT-13*, 435-440, 1965 (no. 4). *E*
- C. J. M. Rooymans:** Reactivity in high-pressure transformations. *Reactivity of solids, 5th Int. Symp., München 1964*, blz. 100-109, Elsevier, Amsterdam 1965. *E*
- C. J. M. Rooymans, C. Langereis en J. A. Schulkes:** KFe_3O_8 , a new phase in the $\text{K}_2\text{O-Fe}_2\text{O}_3$ system. *Solid State Comm.* **3**, 85-87, 1965 (no. 4). *E*
- P. Schagen:** Alternatives to thermionic emission. *Brit. J. appl. Phys.* **16**, 293-303, 1965 (no. 3). *M*
- J. J. Scheer en J. van Laar:** GaAs-Cs: a new type of photoemitter. *Solid State Comm.* **3**, 189-193, 1965 (no. 8). *E*

- D. A. Schreuder:** Contrast sensitivity in test field with bright surround.
J. Opt. Soc. Amer. **55**, 729-731, 1965 (no. 6).
- F. A. Staas, A. K. Niessen en W. F. Druyvesteyn:** Hall effect in type II superconductors.
Physics Letters **17**, 231-233, 1965 (no. 3). *E*
- J. H. Stuy:** Fate of transforming DNA in the Haemophilus influenzae transformation system.
J. mol. Biol. **13**, 554-570, 1965 (no. 2). *E*
- A. L. Stuijts en C. Kooy:** Influence of technological factors on the sintering behaviour of a ferrite.
Science of Ceramics **2** (Proc. Conf. Noordwijk aan Zee 1963), 231-242, Academic Press, Londen 1965. *E*
- A. L. Stuijts, J. Verweel en H. P. Peloschek:** Dense ferrites and their applications.
IEEE Trans. on communication and electronics **83**, 726-736, 1964 (no. 75). *E*
- K. Teer:** On the optimum configuration for a condenser microphone.
Acustica **15**, 256-263, 1965 (no. 5). *E*
- G. W. Tichelaar:** Brosse breuk van ongelegeerd lasmetaal bij lage temperaturen.
Lassymposium 1964, blz. 31-41, en Discussies van het Lassymposium 1964, blz. 23-28, uitg. Wyt, Rotterdam. *E*
- H. J. L. Trap:** Electric properties of some aluminoborate glasses.
Physics of non-crystalline solids, Proc. int. Conf. Delft 1964, blz. 635-645, North-Holland Publ. Co., Amsterdam 1965. *E*
- J. van der Veen:** A simple method for the preparation of some methylphenylsulfonium nitrates.
Rec. Trav. chim. Pays-Bas **84**, 540-544, 1965 (no. 4). *E*
- C. G. Venis en W. J. M. Carpay:** Vulcanized latex as an aid for clearing away radioactive contaminations.
Health Phys. **11**, 1091-1092, 1965. *E*
- M. L. Verheijke:** Efficiencies of a coincidence spectrometer for positron annihilation radiation.
Nucl. Instr. Meth. **34**, 132-136, 1965 (no. 1). *E*
- H. J. Vink:** Die Rolle der Chemie bei der Untersuchung von Festkörpern.
Festkörperprobleme IV, 205-244, Vieweg, Brunswick 1965. *E*
- J. Volger:** The generation of heavy currents in superconducting circuits.
International Advances in Cryogenic Engineering (deel 2 van Adv. Cryog. Engng. **10**), blz. 98-104, 1965. *E*
- K. J. de Vos:** The influence of heat treatment on the magnetic properties and the microstructure of Fe-Ni-Al alloys.
Philips Res. Repts. **20**, 667-673, 1965 (no. 6).
- A. G. van Vijfeijken en A. K. Niessen:** Longitudinal and transverse voltages in superconductors.
Physics Letters **16**, 23-24, 1965 (no. 1). *E*
- A. G. van Vijfeijken en A. K. Niessen:** Longitudinal and transverse voltages in superconductors.
Philips Res. Repts. **20**, 505-527, 1965 (no. 5). *E*
- K. Walther:** Dispersion of a step-modulated carrier wave in a waveguide.
Proc. IEEE **53**, 410, 1965 (no. 4). *H*
- W. L. Wanmaker en D. Radielovic:** The dependence of the rate of the dissociation of strontium carbonate in some mixtures on particle size and composition.
Reactivity of solids, 5th Int. Symp., München 1964, blz. 529-539, Elsevier, Amsterdam 1965.
- N. Warmoltz:** The influence of a magnetic field, parallel to the cathode, on the second cathode sheath of a low-pressure arc discharge.
Appl. sci. Res. **B 11**, 418-422, 1964/65 (no. 6). *E*
- J. D. Wasscher:** Evidence of weak ferromagnetism in MnTe from galvanomagnetic measurements.
Solid State Comm. **3**, 169-171, 1965 (no. 8). *E*
- J. van de Waterbeemd:** Kinetics of growth and structure of thin films of tin.
Physics Letters **16**, 97-98, 1965 (no. 2). *E*
- C. Weber:** Calculation of electron guns taking into account space charge and thermal velocities.
Tubes pour hyperfréquences, Trav. 5e Congrès int., Parijs 1964, blz. 47-49. *E*
- K. R. U. Weimer, H. Bodt en M. T. Vlaardingerbroek:** Interaction of an electron beam plasma system with slow-wave structures.
Tubes pour hyperfréquences, Trav. 5e Congrès int., Parijs 1964, blz. 465-468. *E*
- M. V. Whelan:** Influence of charge interactions on capacitance versus voltage curves in MOS structures.
Philips Res. Repts. **20**, 562-577, 1965 (no. 5). *E*
- M. V. Whelan:** Graphical relations between surface parameters of silicon, to be used in connection with MOS-capacitance measurements.
Philips Res. Repts. **20**, 620-632, 1965 (no. 5). *E*
- J. S. van Wieringen en J. G. Rensen:** Paramagnetic resonance of Mn^{2+} in NaCl between 300 °C and 803 °C.
Philips Res. Repts. **20**, 659-666, 1965 (no. 6). *E*
- W. J. Wittman:** Increasing continuous laser-action on CO₂ rotational vibrational transitions through selective depopulation of the lower laser level by means of water vapour.
Physics Letters **18**, 125-127, 1965 (no. 2). *E*
- H. Zimmer:** Field emission at 9000 Mc/s in a superconducting cavity.
Electronics Letters **1**, 24, 1965 (no. 1). *H*